శాస్త్ర పరిశోధనలు



రచన:

కొడవటిగంటి కుటుంబరావు



ప్రచురణ

విశాలాంధ్ర ప్రచురణాలయం,

విజయవాడ-2

ప్రచురణ నెం. 189.

ప్రథమ ముద్రణ: నవంబరు '56.

వెల : 0—10—0

స్వతంత్ర ఆర్ట్ ప్రింటర్స్,

విజయవాడ-2.

విషయసూచిక



విద్యుచ్ఛక్తి - దాని పుట్టుపూర్వోత్తరాలు

ఆధునిక శక్తిసాధనాలలో అతి ముఖ్యమైనదని చెప్పదగినది విద్యుచ్ఛక్తి. ఇప్పుడిప్పుడే మానవుడి అదుపులోకి వస్తున్న పరమాణుశక్తి విద్యుచ్ఛక్తికన్న ఎన్నో అద్భుతమైన ప్రయోజనాలు గలదైనప్పటికీ, దాన్ని శక్తిసాధనంగా ఉపయోగించాలంటే విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చుకోక తప్పదు.

వర్గవ్యవస్థకు స్వస్తి చెప్పి, పెట్టుబడిదారీ విధానంలో సంపదను సృష్టించి తీవ్ర పరిస్థితులకు గురి అయే పద్ధతులమీద విప్లవం జరిపి, సమిష్టి ప్రజాక్షేమానికి అనుగుణమైన రాజకీయ, సాంఘిక, ఆర్థిక వ్యవస్థ నిర్మాణం చేసుకోటానికి పూనుకున్న ప్రజకు విద్యుచ్ఛక్తి ఎంత అమూల్యమైనదో గ్రహించినవాడు లెనిన్. 1917 లో జరిగిన విప్లవానికి ప్రజాశత్రువులైన సామ్రాజ్యవాదులు తెచ్చిపెట్టిన బాలారిష్టాలు తొలగగానే - 1920 లో - లెనిన్ రష్యాలో విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తికిగాను సాహసోపేతమైన ప్రణాళిక వేశాడు. ఆ సమయంలో లెనిన్‌తో సంభాషించిన బ్రిటిష్ మేధావి - రచయిత హెచ్. జి. వెల్స్, లెనిన్ ప్రణాళికను "పగటి కలలు"గా, అసాధ్యమైన అంచనాగా పరిగణించాడు.

ఇది జరిగి 35 ఏళ్ళయింది. 1920 లో సోవియట్ యూనియన్ వినియోగించిన విద్యుచ్ఛక్తికి యీనాడు వినియోగించేది 334 రెట్లు. 1920 ఏడాది పొడుగునా ఉత్పత్తి అయినంత విద్యుచ్ఛక్తి ఇప్పుడు అక్కడ ఇంచుమించు ఒక్క రోజులో వుత్పత్తి అవుతుంది.

ఈ శతాబ్దం ముగిసే సమయానికి దీనికి 60 మొదలు 90 రెట్లు విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తికావాలని సోవియట్ నాయకులు ఆశిస్తున్నారు!

అంటే, ప్రపంచంలో సామ్యవాదం అమలుజరిపి, అచిర కాలంలో అగ్రస్థానాన్ని అందుకున్న రష్యా తన అభివృద్ధికిగాను ఉపయోగించుకున్న, వుపయోగించుకో బోతున్న సాధనాలలో విద్యుచ్ఛక్తి ఒకటన్నమాట.

కాని మనం వెనక్కు తిరిగి చూచుకుంటే విద్యుచ్ఛక్తి సాధ నంగా మానవుడి చేతికి అంది ఎంతో కాలం కాలేదు. విద్యుచ్ఛక్తి నాగరికత యింకా వ్యాపించని ప్రాంతాలు ప్రాచ్యంలో చాలా వున్నాయి. ఈ ప్రాంతాలు పైకిరావటంలో విద్యుచ్ఛక్తి ఘనమైన పాత్ర నిర్వహించవలసి వుంది.

వింత ఏమంటే ఈనాడు మనం శక్తి సాధనాలుగా వాడుకునే నూనె, బొగ్గు, ఆవిరిశక్తి మొదలైనవి ప్రకృతిలో ఉండినంత ప్రచ్ఛ న్నంగా విద్యుచ్ఛక్తిలేదు. మెరుపుల రూపంలో, పిడుగుల రూపంలో ఆదికాలపు అడవిమనుషులుకూడా దీన్ని ఎరుగుదురు. అయినప్పటికీ మానవుడు ఈ శక్తిని పరిశోధించి దాన్ని హస్తగతం చేసుకుని, శక్తిసాధనంగా వినియోగపరచు కోవటానికి చాలాకాలం పట్టింది.

విద్యుత్తు అంటే మెరుపు. మెరుపులో ఉండేశక్తిని మనం విద్యుచ్ఛక్తి అంటున్నాం. పాశ్చాత్యులీశక్తికి పెట్టుకున్న పేరు "ఎలెక్ట్రిసిటీ". ఒకరకమైన బంక ఒత్తిడికి గురిఅయి పసుపుపచ్చని గాజులాగా తయారవుతుంది. దీన్ని "ఆంబర్" అంటారు. ఈ పదా ర్థానికి గ్రీక్ భాషలో ఎలెక్ట్రాన్ అనిపేరు. మహాకవి షేక్స్పియర్ జీవించిన కాలంలో బ్రిటనుకు రాణిగా ఉన్న ఎలిజబెత్ వద్ద వైద్యు డుగా పనిచేసిన (విలియం గిల్బర్ట్ (1540-1603) విద్యుచ్ఛక్తి

"ఆంబర్"లో నుంచి ఉత్పత్తి కావటం గమనించి ఆ శక్తికి "ఎలెక్ట్రిసిటీ" అని నామకరణం చేశాడు.

"ఆంబర్"ను తృణగ్రాహి అని పిలుస్తారు. దానికి ఈ పేరు రావటానికీ, విద్యుచ్ఛక్తికీ సంబంధం ఉంది. పూర్వకాలంలో సిరియా దేశంలో నూలువడికే చేతి కదుళ్ళకు తృణగ్రాహి బిళ్ళలు ఉపయోగించేవారు. ఆ దేశపు స్త్రీలు నూలువడకటానికి కదుళ్ళు తిప్పేటప్పుడు ఈ తృణగ్రాహిబిళ్ళ వారి బట్టలకు రాచుకొని ఒక చిత్రమైన శక్తి ప్రదర్శించేది; కదురు కింద పెట్టగానే తేలికైన గడ్డిపరకలనూ, ధూళినీ ఆకర్షించేది !

తృణగ్రాహికిగల ఈ శక్తిని ఆకాలపువారు అర్థమూ చేసుకోలేదు. పరిశోధించనూ లేదు. ఆపని మొట్టమొదటిగా చేసినవాడు థియోఫ్రాస్టస్ అనే గ్రీక్ తత్వవేత్త. ఆయన క్రీస్తుపూర్వం మూడు శతాబ్దాలక్రితం జీవించినవాడు. తృణగ్రాహిని రుద్దితే దానిలో శక్తి పుట్టుకొస్తుంది. అలాంటి గుణమేగల ఇతర పదార్థాలను గురించి ఆయన పరిశోధన చేశాడు. కాలక్రమేణా ఇటువంటి పదార్థాలు అనేకం కనిపెట్టబడ్డాయి.

(ఒక గాజు పుడకను తీసుకుని సిల్కుగుడ్డతో రుద్దినట్టయితే ఆ గాజు పుడక చిన్న చిన్న కాగితం ముక్కలను తన వేపు లాక్కుంటుంది. సూదంటురాయి సూదులను ఈ విధంగానే లాగుతుంది. అయితే రెంటికీ తేడా వుంది. సూది సూదంటురాయిని కరుచుకుని బలవంతాన లాగితేగాని ఊడిరాదు. సిల్కుతో రుద్దిన గాజు కడ్డీ దగ్గిరికి కాగితంముక్కలాటి తేలికపదార్థం ఎగిరివచ్చి అంటుకుంటుంది కాని, కడ్డీని తాకిన మరుక్షణం దూరంగా పోతుంది. (దీనికి కారణం ముందు తెలుసుకుంటాం.))

(లక్క, గంధకం, దంతం, సైంధవ లవణం, రత్నాలు, ఉన్ని మొదలైన అనేక పదార్థాలకు ఇలాటి శక్తి వున్నది.) ఓటో ఫాన్

గ్వెరిక్ అనే ఆయన గంధకానికి విద్యుచ్ఛక్తి కలిగించేశక్తి ఉన్నదని నిరూపించడమేగాక, మొట్టమొదటిసారిగా విద్యుత్కాంతి కూడా సృష్టించాడు. ఈయన గంధకం ఉండ ఒకటి పోతపోసి దాన్ని ఇరుసుకుపెట్టి గుండ్రంగా త్రిప్పుతూ చెయ్యి ఆనించి రుద్దాడు. కొంత సేపటికి గంధకం ఉండ కాంతి వెదజల్లసాగింది.

(చలిదేశాలలో శీతకాలంలో పిల్లిని నిమిరినట్లయితే దాని బొచ్చునుంచి విద్యుచ్ఛక్తి పుట్టి బొచ్చు లేచి నిలబడటమేగాక, చేతికీ పిల్లిబొచ్చుకూ మధ్య "స్పార్కు"లు (చిన్న మెరుపులు) కూడ వస్తాయి. చీకటిలో వీటిని సులువుగ చూడవచ్చు!)

18 వ శతాబ్దం ఆరంభంలో చనిపోయిన ఫ్రాన్సిస్ అనే ఆయన విద్యుచ్ఛక్తితో "స్పార్కు"లు తెప్పించటమేగాక, వాటికీ, మెరుపుకూ, అది చేసే చప్పుడుకూ ఉరుముకూ పోలికలున్నాయని మొట్టమొదటగా కనిపెట్టాడు.

స్టీఫెన్ గ్రే అనే లండనునగరవాసి, విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రసారం చేయగల పదార్థాలేవో, ప్రసారం చేయలేని పదార్థాలేవో వివరంగా పరిశోధించాడు. కొన్ని పదార్థాలు మంచి "విద్యుద్వాహకాలు" (కండక్టర్‌లు), మరికొన్ని "విద్యుదవాహకాలు" (నాన్ కండక్టర్‌లు), ఇవి విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రసారం జెయ్యలేవు. ఈయన ఒక గాజుగొట్టాన్ని రుద్ది అందులో విద్యుచ్ఛక్తి పుట్టించి దానిని ఒక దంతపు బంతిలోకి పంపించి, ఆబంతి చిన్న చిన్న వస్తువులను ఆకర్షిస్తుందని నిరూపించాడు. ఈయనే విద్యుచ్ఛక్తిని పురికొసగుండా 886 అడుగుల దూరం ప్రయాణం చేయించాడుకూడా!

విద్యుచ్ఛక్తితో కూడిన వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణ, వికర్షణ కూడా ఉండటాన్ని కనిపెట్టినవాడు డ్యూఫే అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త. విద్యుచ్ఛక్తితో కూడిన రెండు పట్టుదారాలుగాని, ఉన్ని దారాలుగాని ఒకదాన్ని ఒకటి ఆకర్షించవు. కాని, విద్యుచ్ఛక్తిగల

ఉన్నిదారం దగ్గరికి విద్యుచ్ఛక్తిగల పట్టుదారాన్ని తీసుకువస్తే రెండూ కరుచుకుంటాయి!

ఇలాంటి ఆకర్షణ వికర్షణలు సూదంటురాళ్ళలో వున్నాయి. ప్రతి సూదంటురాయికీ ఒక ఉత్తర ధృవమూ, దక్షిణ ధృవమూ, ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు ఒక అయస్కాంతాన్ని నడిమధ్యాన పురిలేని దారం కట్టి వేళ్ళాడగట్టా మనుకోండి. ఆ అయస్కాంతం ఉత్తర దక్షిణాలుగా వేళ్ళాడుతుంది (ఈ సూత్రంమీదనే దిక్సూచి తయారు చేస్తారు). ఇప్పుడు మనం మరొక సూదంటురాయిని తీసుకొని దాని ఉత్తరధృవాన్ని, వేళ్ళాడే అయస్కాంతం తాలూకు ఉత్తరధృవం దగ్గిరికి తీసుకుపోయినట్టయితే, వేళ్ళాడే అయస్కాంతం గుండ్రంగా తిరిగి మన చేతిలో ఉండే అయస్కాంతానికి దూరంగా పోతుంది. ఇప్పుడు మనం మన చేతిలోఉన్న అయస్కాంతం ఉత్తర ధృవాన్ని వేళ్ళాడే అయస్కాంతం తాలూకు దక్షిణ ధృవం దగ్గిరికి తీసుకుపోయినట్టయితే రెండు ధృవాలమధ్యా బలమైన ఆకర్షణ కనిపిస్తుంది.

కొందరు బిచ్చగాళ్ళు ఈ సూత్రంమీద సీతామ్మవారి పాతి వ్రత్యం ప్రదర్శిస్తారు. బిచ్చగాడి దగ్గిర ఒక భరిణ ఉంటుంది. ఆ భరిణలో సీతామ్మవారి తల ఉంటుంది. బిచ్చగాడు చేతిలో ఒకకడ్డీ పట్టుకుంటాడు, ఆ కడ్డీ ఒక చివర రాముడు తల, రెండో చివర రావణుడి తల ఉంటుంది. భరిణలోని సీతామ్మవారిదగ్గిరికి రావణుడి తల తీసుకురాగానే ఆమె పెడమొహమవుతుంది. తిరిగి రాముడి తల తెస్తే సుముఖురాలవుతుంది. ఇది అయస్కాంతాలతో ప్రదర్శించే మహత్తని మనం సులువుగా ఊహించవచ్చు. రామ రావణుల తలలు ఒక అయస్కాంతం తాలూకు రెండు చివరలు. భరిణలో మరొక అయస్కాంతం అడ్డంగా పెట్టి ఉంటుంది. దాని మధ్యను సీత సిలువుగా ఏర్పాటు చేయబడుతుంది. బిచ్చగాడి చేతిలో ఉండే కడ్డీ మనం

తీసేసుకుని రావణుడి తలా, రాముడి తలా మార్చేసినట్టయితే సీత రావణుడికి సుముఖురాలు కావటమూ, రాముడికి విముఖురాలు కావడమూ ప్రదర్శించవచ్చును.

సిమ్మర్ అనే పెద్దమనిషి అందరిలాగే ఒక జత మేజోళ్ళతో తృప్తిపడక, ఒకదానిమీద ఒకటి వేసుకొనేవాడు. అడుగున ఉన్నివీ, వాటిమీద సిల్కువీ వేసుకొనేవాడు. ఒకసారి ఆయన పైన ఉన్న సిల్కు మేజోళ్ళు లాగుతూండగా, అది కింద ఉన్న ఉన్ని మేజోడుకు రాచుకుని రెంటిలోనూ విద్యుచ్ఛక్తి కలగటం గమనించాడు. విద్యుచ్ఛక్తితో కూడిఉన్న సిల్కుమేజోళ్లూ, ఉన్ని మేజోళ్లూ ఊడదీసిన తరువాతకూడా, లోపల అదృశ్యంగా కాలున్నట్లు, అలాగే నిలబడి ఉన్నాయి! సిల్కుమేజోడుకు ఉన్ని మేజోడు తగిలించాకగాని రెండూ కుప్పకూలలేదు!

ఇటువంటి ప్రయోగాలద్వారా సిమ్మర్ ఒక ముఖ్యవిషయం గమనించాడు; విద్యుచ్ఛక్తిలో రెండు రకాలున్నాయి. ఒకటి ధన విద్యుత్తు, రెండవది ఋణవిద్యుత్తు, రెంటికీ మధ్య ఆకర్షణ ఉంటుంది. అంతేగాక ధనవిద్యుత్తు ధనవిద్యుత్తునూ, ఋణవిద్యుత్తు ఋణవిద్యుత్తునూ ఆకర్షించవు. వాటి మధ్య వికర్షణమాత్రమే ఉంటుంది. రెండు వస్తువులను రుద్దినప్పుడు ఒకదానిలో ధనవిద్యుత్తు పుడితే, రెండోదానిలో ఋణవిద్యుత్తు పుడుతుంది. అంతేకాదు, అలా పుట్టిన ధన, ఋణవిద్యుత్తుల ప్రమాణం సమంగా ఉంటుంది. గాజు చువ్వను సిల్కుతో రుద్దితే చువ్వలో ధనవిద్యుత్తూ, సిల్కులో ఋణవిద్యుత్తూ పుడతాయి. లక్కను ఫ్లానల్‌తో రుద్దితే లక్కలో ఋణవిద్యుత్తూ ఫ్లానల్‌లో ధనవిద్యుత్తూ పుడతాయి. రెండు సిల్కుపోగులలో ఒకే రకం విద్యుత్తు వుంటుంది. గనుక ఆ పోగులు కలవవు. సిల్కులో ఋణవిద్యుత్తూ, ఉన్నిలో ధనవిద్యుత్తూ ఉంటాయి గనక అవి ఆకర్షించబడతాయి.

సిల్కుతో రుద్దిన గాజు చువ్వను చిన్న చిన్న కాగితం ముక్కల్లాంటి వాటిదగ్గరికి తీసుకుపోతే అవి ఎగిరి ఆ చువ్వను తాకుతాయి. అప్పుడు చువ్వలో వుండే ధన విద్యుత్తు కొంత ఆ పదార్థాలకు సంక్రమిస్తుంది. వెంటనే చువ్వలో వుండే ధనవిద్యుత్తుకూ, వాటికి సంక్రమించిన ధనవిద్యుత్తుకూ మధ్య వికర్షణ కలుగుతుంది. అవి దూరంగా పడిపోవటానికి ఇదే కారణం.

ఈ వికర్షణసూత్రం ఆధారంతో కొద్దిపాటి విద్యుచ్ఛక్తిని సయితం పసిగట్టటానికి ఒక లఘుయంత్రం ఒకటి ఉన్నది. ఒక గాజు బుడ్డికి బెండుబిరడా పెడతారు. బిరడాలో బెజ్జంపెట్టి అందులో నుంచి ఒక ఇత్తడిపుడక లోపలికి పోనిస్తారు. ఈ పుడక దిగువను రెండు బంగారు రేకు ముక్కలు తాపటం చేస్తారు. ఇత్తడి చువ్వ పైభాగాన ఒక ఇత్తడిబిళ్ల అమరుస్తారు. ఒక గాజుచువ్వనుగాని, లక్కముక్కనుగాని రుద్ది అందులో విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి చేసి, దానితో పైన ఉండే బిళ్లను తాకితే విద్యుచ్ఛక్తి ఇత్తడి పుడక ద్వారా బంగారు రేకుముక్కలకు చేరుతుంది. రెంటిలోనూ ఒకే రకం విద్యుత్తు చేరుతుంది గనక ఆ ముక్కలమధ్య వికర్షణ కలిగి అవి పక్కలకు వెళ్లి ఒకదానికొకటి ఎడం కావటానికి యత్నిస్తాయి. పై బిళ్లను మనం చేత్తో తాకి విద్యుచ్ఛక్తిని లాగేసినాక అవి మళ్లీ కిందికి వాలి కలుసుకుంటాయి.

పిడుగులోని విద్యుత్తుకు గాలంవేసిన ప్రతిభావంతుడు

ఫ్రాంక్లిన్ కృషి

ఒక కొత్తశక్తి చేతికి అందినప్పుడు మనిషి దాన్ని ఏదో విధంగా ఉపయోగ పరచటానికి చూస్తాడు. అందుచేత విద్యుచ్ఛక్తిని ఉపయోగ పరచటానికి చాలా యత్నాలు జరిగాయి. గాజు గొట్టా

లను రుద్దే యంత్రాలు తయారుచేశారు. ఇవి ఉత్పత్తిచేసే విద్యుచ్ఛక్తితో బలమైన "స్పార్క్"లు వచ్చేవి; వాటితో స్పిరిట్, మైనం మొదలైనవి అంటుకునేవి. విద్యుచ్ఛక్తివల్ల నిప్పుపుల్లపాటి ప్రయోజనం కలిగింది.

ఒకవంక విద్యుచ్ఛక్తిని వినియోగపరచటానికి యత్నాలు జరుగుతూంటే, మరొకవంక దానిని ఏవిధంగానైనా నిలవజేయటానికి కూడా యత్నాలు జరిగాయి. గాజు కడ్డీని సిల్కులో రుద్దుతూ అందులో పుట్టిన విద్యుచ్ఛక్తి కొంతసేపు ఉంటుందని అదివరకే కనిపెట్టారు. కాని దానిని అవసరం పడినదాకా అలాగే నిలిపిఉంచడం ఎవరిచేతా కాలేదు. ఇది సాధించినవాడు ఒక డచ్చి శాస్త్రజ్ఞుడు.

ఈయన హోలండులో, లేడెన్ అనే నగరంలో ఉండేవాడు. ఈయనకూడా విద్యుచ్ఛక్తి ప్రయోగాలు చేస్తూండేవాడు. ఒకనాడు ఒక ప్రయోగం చేస్తూండగా చిన్న "ప్రమాదం" జరిగింది. ఈయన ఒక గాజు జాడీలో నీరుపోసి,విద్యుచ్ఛక్తిని రాగితీగె ద్వారా ఆ నీటిలోకి పంపకం చేయటానికి ప్రయత్నాలు చేశాడు. తరువాత కొంతసేపటికి ఆయన అసిస్టెంటు ఒకడు తీగెను తీయటానికి ముట్టుకోనేసరికి "షాక్" కొట్టింది! అంతసేపూ విద్యుచ్ఛక్తి జాడీలో వున్నదన్నమాట. అసిస్టెంటు దాన్ని "డిశ్చార్జి" చేసేశాడు!

ఈ "ప్రమాదం"ద్వారా విద్యుచ్ఛక్తి నిలవవుంచే సాధనం ఒకటి పుట్టింది. దాన్నే "లేడెన్‌జార్" అంటారు. ("జార్" అంటే జాడీ అని అర్థం).

విద్యుత్ ప్రవాహ వేగం

ఈ "లేడెన్‌జార్"ను అభివృద్ధి చేసినవాడు సర్ విలియం వాట్సన్ (జననం 1715). ఈయన ఒక పేద వృత్తిపనివాడి కొడుకు. తన జీవితమంతా శాస్త్రానికి ధారపోసి ప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త అయి

నాడు. విద్యుచ్ఛక్తి నిలవజేసే జాడీకి లోపలా, వెలపలా తగరపు రేకులు అంటించి, దాని శక్తిని హెచ్చించాడు. ఇలాంటి జాడీలు అనేకం ఒకదానితో ఒకటి కలిపి, వాటిలో నిలవ ఉన్న విద్యుచ్ఛక్తిని రాగితీగెల ద్వారా రెండుమైళ్ళ దూరం తీసుకుపోయి అక్కడ తీగెను పట్టుకున్న వాడికి "షాక్" తగిలేటట్లు చేశాడు.

ఈ ప్రయోగంలో సర్ విలియం వాట్సన్ మరొక సంగతి కూడా నిరూపించాడు. జాడీలనుండి విద్యుచ్ఛక్తిని విడుదలచేసిన క్షణంలోనే రెండుమైళ్ళ దూరములో నున్నవాడికి "షాక్" తగిలింది అంటే విద్యుచ్ఛక్తి రెండుమైళ్ళదూరం పోవటానికి క్షణం కూడా పట్టదన్నమాట. ఇందులో ఆశ్చర్యం ఏమీలేదు. ఎందుకంటే, కాంతిలాగే విద్యుచ్ఛక్తికూడా ఒక సెకండు కాలంలో 186 వేలమైళ్ళు వెళ్లుతుంది; భూమిని దాదాపు ఎనిమిదిసార్లు చుట్టి వస్తుంది! విద్యుచ్ఛక్తిగల ఈవేగం మనకు టెలిగ్రాఫ్ వగైరాలలో వినియోగపడుతున్నది.

సర్ విలియం వాట్సన్ విద్యుచ్ఛక్తితో ఇంకా అనేక విచిత్రమైన ప్రయోగాలు చేశాడు. మంచుగడ్డలకు విద్యుచ్ఛక్తి యిచ్చి వాటితో స్పిరిట్‌ను అంటించి మండించాడు. విద్యుచ్ఛక్తి గల నీటి బొట్టులతోకూడా ఈపని సాధించాడు. విద్యుచ్ఛక్తి ద్వారా "స్పార్క్"పుట్టించి దానితో ఫిరంగి పేల్చాడు.

బెంజమన్ ఫ్రాంక్లిన్ అఖండ కృషి

విద్యుచ్ఛక్తి ద్వారా అనేకమంది ఇంకా అనేక ఉపయోగాలు కనిపెడుతున్నారు. కాని విద్యుచ్ఛక్తి యొక్క స్వభావం ఏమిటో కనిపెట్టినవారు లేరు. ఈ పనిచేసిన మహానీయుడు బెంజమన్ ఫ్రాంక్లిన్ అనే అమెరికన్.

ఈయన 1706 లో బోస్టన్ నగరంలో పుట్టాడు. ఈయన బడికి వెళ్ళి చదివిన చదువు చాలా కొద్ది. స్వయంకృషితో విద్యావంతుడైనాడు. ఈయన అన్నగారికొక అచ్చాఫీసుండేది. అందులో చిన్నతనములోనే ఉద్యోగానికి చేరాడు. తరవాత ఇంగ్లండు వెళ్ళి అచ్చుపని నేర్చుకుని, అమెరికాకు తిరిగి వెళ్ళి ఫిలడల్ఫియా నగరంలో ప్రెస్ ఒకటి పెట్టాడు. ఆ కాలంలో అమెరికా బ్రిటిషువారి వలసగా వుండేది. అమెరికా స్వాతంత్ర్యంకోసం కృషిచేసినవారిలో ఫ్రాంక్లిన్ ఒకడు. ఆయనకు అమెరికనులు బ్రహ్మరథం పట్టారు. బ్రిటనుతో సంప్రతింపులు జరపడానికి ఈయనను రాయబారిగా పంపారు. బ్రిటన్‌కు బెంజమన్ హితవు రుచించలేదు. వారు సైనిక బలంతో అమెరికా ప్రజల స్వాతంత్ర కాంక్షను అణచటానికి ప్రయత్నించి యుద్ధంచేసి ఓడిపోయారు. అమెరికా స్వతంత్రమయింది. శాంతి సంప్రతింపులలో బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ కూడా పాల్గొన్నాడు. ఈ అభ్యుదయవాది చచ్చిపోయే క్షణంలో కూడా, "బానిసలకు విమోచనం ఇవ్వండి" అని ఆక్రందనం చేశాడు.

వ్యాపారమూ, రాజకీయాలూ మొదలైనవాటిలో నిమగ్నుడై ఉంటూకూడా బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ వీలు చిక్కినప్పుడల్లా శాస్త్ర పరిశోధనలు చేసేవాడు. మెరుపులో ఉండేది విద్యుచ్ఛక్తేనని యీయన వాదించేవాడు. ఈ విషయం ఆయన 1752 లో ఒక ప్రయోగంద్వారా రుజువుచేశాడు. ఇది జగత్ప్రసిద్ధమైన ప్రయోగం. దీన్ని గురించి ఈనాటికీ పిల్లలు పుస్తకాలలో చదువుతారు.

మెరుపులో విద్యుచ్ఛక్తి

అది వానల తరుణం. బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్ ఒక గాలిపటం తయారుచేసి దాని పైభాగాన ఒక లోహపుతీగె అమర్చాడు. దానికి కట్టినదారం రెండో చివర ఒక సిల్కు రిబ్బన్ కట్టి దానికొక తాళం

చెవి కట్టాడు. తరువాత గాలిపటాన్ని ఆకాశంలోకి ఎగరవేసి వాన మబ్బుల రాకకోసం ఎదురుచూడ సాగాడు.

కొంతసేపటికొక వానమబ్బు వచ్చింది. గాలిపటాన్ని రాచుకుంటూ పోయింది. కాని ఏమీ జరగలేదు. ఫ్రాంక్లిన్ ప్రయోగం విఫలమయేట్టు కనబడింది. మరికొంతసేపటికి ఇంకొక మబ్బు వచ్చింది. చిత్రమైనమార్పు గల్గింది. గాలిపటం దారానికిగల పీచు నిక్కబొడుకొన్న రోమాల్లాగా నిలబడింది. ఫ్రాంక్లిన్ తాళంచెవిని తాకాడు. చిన్న స్పార్క్ వచ్చి షాక్ కొట్టింది. ఇంతలో వానపడ సాగింది. దారం తడిసింది. దారంవెంబడి విద్యుచ్ఛక్తి ధారాళంగా ప్రవహించసాగింది. ఫ్రాంక్లిన్ సిద్ధాంతం రుజువయింది. తాళంచెవి ద్వారా ఆతను లేడన్‌జార్ నిండా విద్యుచ్ఛక్తి పట్టాడు!

కొన్ని మేఘాలలో ధనవిద్యుత్తూ, మరి కొన్నింటిలో రుణ విద్యుత్తూ ఉంటుందనికూడా ఫ్రాంక్లిన్ ప్రయోగాల ద్వారా రుజువు చేశాడు.

"కళకోసమే కళ" అనే వారున్నట్టుగానే "శాస్త్రంకోసమే శాస్త్రం" అనేవారు కూడా ఉన్నారు. విజ్ఞానం ఒక పరమార్థమనీ, దానినుంచి ప్రయోజనం ఆశించటం విజ్ఞానాన్ని కళంక పరచడమే నని భావించే శాస్త్రజ్ఞులు ఉండేవారు. అయితే ఇది అభ్యుదయ వాదంకాదు. ఉపయోగంద్వారానే జ్ఞానం దక్కుతుంది. జ్ఞానం ఉపయోగపరచటం వల్లనే మానవుడు అభివృద్ధిలోకి వచ్చాడు.

శాస్త్రజ్ఞుడుగా ఫ్రాంక్లిన్ అభ్యుదయవాది. ఆయన మెరుపు విద్యుచ్ఛక్తేనని నిరూపించి అంతటితో ఊరుకోలేదు. ఆ జ్ఞానాన్ని ప్రజాక్షేమానికి వినియోగపరుస్తూ విద్యుద్వాహకాలు తయారు చేశాడు. వీటివల్ల ఏమిటి ఉపయోగం?

పిడుగులెలా పడుతాయి?

పిడుగులు ఎత్తయిన చెట్లమీదా, ఇళ్ళమీదా తరచు పడతాయి. చుట్టుపక్కల ఎక్కడా చెట్టన్నదిలేని మైదానంలో ఒక మనిషి నిలబడి ఉంటే ఆమనిషిమీద పిడుగుపడటం జరిగింది! ఇది గ్రహపాటని మనం సరిపెట్టుకోవచ్చు, కాని ఈ పిడుగుపాటులో గ్రహపాటు ఏమీలేదు. నీరు పల్లానికి ప్రవహించటం ఎంతసహజమో పిడుగు ఎత్తయిన చోట పడటం అంత సహజం.

భూమిమీద ఋణవిద్యుత్తు ఉంటుందని, గాలిలో ధన విద్యుత్తు ఉంటుందనీ మనం లోగడ తెలుసుకున్నాం. ధన ఋణ విద్యుత్తుల మధ్య ఉండే ఆకర్షణ గురించికూడా తెలుసుకున్నాం. మేఘాలలో కొన్నింటివెంట ధనవిద్యుత్తూ, మరికొన్నింటి వెంట ఋణవిద్యుత్తూ ఉంటుందని ఫ్రాంక్లిన్ రుజువు చేశాడు. (ధన విద్యుత్తుగల మబ్బూ, ఋణవిద్యుత్తుగల మబ్బూ ఒకదానికొకటి సమీపంలోకివస్తే రెంటి మధ్యా ఆకర్షణకలిగి స్పార్క్ కొడుతుంది. అదే మెరుపు.)

కాని ఒక్కొక్కసారి ఆకాశానగల మబ్బులలో ధనవిద్యుత్తు కలవి అధికంగా చేరినప్పుడు వాటిలోని విద్యుత్తు భూమిమీద గల ఋణవిద్యుత్తుతో సంయోగం పొందటానికి యత్నిస్తుంది. అయితే రెండు విద్యుత్‌లకు మధ్య ఒక పరిమితమైన యెడంఉంటేనే స్పార్క్ కొట్టగలుగుతుంది. ఆ యెడం లభించినచోట పిడుగు పడుతుంది.

ఎత్తయిన భవనాలకూ, ఫ్యాక్టరీ గొట్టాలకూ విద్యుద్వాహకాలు ఏర్పాటుచేస్తారు. ఇవి ఆకాశంలో సమకూడే ధనవిద్యుత్తును ఎప్పటికప్పుడు భూమికి పంపకం చేస్తాయి. అందుచేత వాటి పరిసరాలలో పెద్ద మొత్తంలో ధన విద్యుత్తు చేరుకోదు. ఫ్రాంక్లిన్ ఇటువంటి విద్యుద్వాహకాలను తయారుచేశాడు. ఫ్రాంక్లిన్ చేసిన పరిశోధనలు ఎంత జగత్ప్రసిద్ధి సంపాదించాయంటే 1790లో ఆయన

మరణించినప్పుడు అమెరికా, ఫ్రాన్సు దేశాలు బహిరంగంగా సంతాప ప్రదర్శనలు జరిపాయి.

క్రమంగా విద్యుచ్ఛక్తి పరిశోధకుల సంఖ్య పెరగసాగింది. జాన్ కాంటన్ అనే ఆయన అనేక రకాల విద్యుత్పరికరాలు తయారుచేశాడు; కృత్రిమ అయస్కాంతాలు, శక్తివంతమైనవి తయారుచేశాడు.

కావెండిష్ ముని

విద్యుచ్ఛక్తిగల పదార్థం చుట్టూఉండే గాలికూడా విద్యుచ్ఛక్తి సమేతమవుతుందని బెక్కారియా అనే ఇటలీ శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు.

హెన్రీ కావెండిష్ (1731-1910) అనే బ్రిటిషువాడు చాలా ధనికుడు. ఆయనకు పరాయివాళ్ళతో మాట్లాడటమంటే బిడియమూ, ఆడవాళ్ళతో మాట్లాడటమంటే అమిత సిగ్గూనూ! అందుచేత ఆయన మునిలాగా లోకంతో సంబంధంలేకుండా తన గదిలో గడిపాడు. అయితే ఈయన తన కాలాన్ని వృధా చెయ్యలేదు. ఈ బిడియస్థుడైన సంపన్నుడికి శాస్త్రపరిశోధనతప్ప వేరు జీవితం లేనట్టు కనబడుతుంది. ఈయన అపూర్వమైన పరిశోధనలు చేశాడు. ఆయన కనిపెట్టిన విషయాలలో ఒకటేమిటంటే, విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రసారం చెయ్యటంలో నీటికన్నా ఇనుముకు 400 రెట్లు శక్తి ఉన్నదని, ఈయన చేసిన మరొకపనేమిటంటే ప్రాణవాయువునూ, హైడ్రోజెన్ వాయువునూ కలిపి విద్యుచ్ఛక్తితో పేల్చి ఆ రెంటికీ రసాయన సంయోగం కలిగించి, దాని ఫలితంగా శుద్ధమైన నీరు ఏర్పడేటట్టు చేశాడు.

ఇంతలో ఒక గొప్ప పరిణామం జరిగింది. విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేసే విధానంలో పెద్దపరిణామం వచ్చింది.

విద్యుచ్ఛక్తి - దాని పుట్టుపూర్వోత్తరాలు

ల్విగీ గాల్వనీ, అలెక్సాండ్రో వోల్టా అనేవారిద్దరూ ఇటలీ దేశస్థులు. విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి చెయ్యటంలో వీరిద్దరూ పెద్ద పరిణామం సాధించారు.

గాల్వనీ (1737–1798) చాలా పేరుపడ్డ వైద్యుడు. 1790లో ఈయన భార్య జబ్బు పడింది. ఆమెకు జావ కాయించటానికి ఆయన కొన్ని కప్పలను తెచ్చి వాటి చర్మం ఒలుస్తున్నాడు. ఆయన పని చేస్తున్న చోటికి చాలా దగ్గరలో విద్యుచ్ఛక్తిని రాపిడి ద్వారా ఉత్పత్తి చేసే యంత్రం ఒకటి ఉన్నది. దాని దగ్గరఉన్న కత్తి తీసి అయన తలవని తలంపుగా చచ్చిన కప్ప కాలికి తగిలించేసరికి ఆ కప్ప కాలు తన్నుకోసాగింది!

ఈ సంఘటనచూచి, గాల్వనీ మొదట నిర్ఘాంత పడిపోయి, చివరకు విద్యుచ్ఛక్తి ప్రభావంవల్లనే చచ్చిన కప్ప కాలు అలా తన్నుకున్నదని ఆయన నిశ్చయించాడు. ఒక ఇనపచువ్వకు మరి కొన్ని చచ్చిన కప్పలు వేలాడగట్టి ఉన్నాయి. అవి రాగి కొక్కెములకు తగిలించి వున్నాయి. ఈ కప్పలను పైకెత్తి ఇనపచువ్వకు తాకిస్తే వాటి కాళ్ళుకూడా పైవిధంగా తన్నుకున్నాయి.

కప్పల్లో విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి అవుతున్న దనటానికి సందేహం లేదు. కాని ఇది "భౌతిక" కారణాలవల్ల (రాపిడివల్ల) ఉత్పత్తి కావటంలేదు. రెండు భిన్నలోహాల (ఇనుము, రాగి) మధ్య రసాయనిక సంబంధం ఏర్పడటంవల్ల ఉత్పత్తి అవుతున్నది!

రసాయనిక పద్ధతిలో విద్యుచ్ఛక్తి ఇంతకు పూర్వం ఎన్నడూ ఉత్పత్తి అయి వుండలేదు.

వోల్టా (1745–1827) పావియా విశ్వవిద్యాలయం ప్రొఫెసర్‌గా ఉండేవాడు. 1800 లో ఈయన తగరపుముక్కలూ, రాగి

ముక్కలూ తీసుకునీ, తగరపుముక్కలూ, వెండి ముక్కలూ తీసుకునీ వాటిమధ్య తడిగుడ్డలాటిది అమర్చి విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేశాడు. ఆ తరవాత ఈయన బాటరీలు తయారుచేశాడు. దీనికిగాను ఆయన గాజు జాడీలు తీసుకుని వాటిలో ఆమ్లం (యాసిడ్) కలిపిన నీరుపోశాడు. జాడీకి ఒకపక్క రాగిరేకూ, రెండోపక్క జింకురేకూ నీటిలో మునిగేటట్టు అమర్చాడు. ఇలాటి జాడీలు వరసగా అమర్చి ఒక జాడీతాలూకు జింకు పలకకూ మరొక జాడీ రాగిపలకకూ రాగి తీగెలు బంధించాడు. ఈ బాటరీనుంచి వెలువడిన విద్యుచ్ఛక్తి రాపిడివల్ల ఉత్పత్తి అయినదానిలాగే ఉంది. కాకపోతే పూర్వపు యంత్రాలు రాపిడిద్వారా ఉత్పత్తిచేసిన విద్యుత్తుకన్న ఎక్కువ ప్రమాణంలో, ఎక్కువసేపు లభ్యమయింది.

బాటరీలు ఉత్పత్తి కావటంతో విద్యుత్పరిశోధనలు మరింత చురుకుగా సాగాయి. బాటరీద్వారా వెలువడే కరెంట్ (విద్యుత్ప్రవాహం) సహాయంతో కొందరు నీటిని హైడ్రోజెన్ కిందా, ప్రాణవాయువు కిందా విడగొట్టారు. (ఆ రెండూ చేరితేనే నీరవుతుంది) మరొక విషయంకూడా గమనించబడింది. అదేమిటంటే విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహించటానికి రాగి తీగెలు సాధారణంగా ఉపయోగించబడతాయి. వీటిగుండా కొంతసేపు విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహించినాక ఇవి వేడెక్కుతాయని కనిపెట్టారు. ఈ తీగెలగుండా విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహించేటప్పుడు తీగెను తాకితే షాక్ కొడుతుంది. దీనికీ అవి వేడెక్కటానికీ తేడా వుంది. విద్యుచ్ఛక్తి నిలిచిపోయినప్పుడు తీగెను ముట్టుకుంటే షాక్ తగలదు. కాని వేడి తెలుస్తూంటుంది.

విద్యుత్ప్రవాహం వాహకాలను వేడెక్కించే సిద్ధాంతంపైనే మనకు విద్యుద్దీపాలు వచ్చాయి. ఈ దీపా (బల్బు)లలో చాలా సున్నితమైన తీగె అమర్చబడి ఉంటుంది. దానిగుండా విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహించేసరికి అది చాలా వేడెక్కి తెల్లగా ప్రకాశిస్తుంది. ఇను

మును కాలిస్తే కొంతసేపటికది ఎర్రగా ప్రకాశిస్తుంది. ఇంకా వేడెక్కిస్తే పసుపురంగుకూ, అంతకన్నా కూడా వేడెక్కిస్తే ధవళ నీలం రంగుకూ మారుతుంది. దీనినిబట్టి వేడికీ, కాంతికీ ఉండే సంబంధం మనం తెలుసుకోవచ్చు.

అయితే, విద్యుత్ప్రవాహం వాహకాలను వేడెక్కిస్తుందని తెలియగానే విద్యుద్దీపాలు రాలేదు. అంతకంటె ముందుగా ఆర్క్ లైట్ వచ్చింది. దీనిని కనిపెట్టినవాడు సర్ హంఫ్రీడేవీ అనే జగత్ప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త.

డేవీ 1778 డిసెంబరులో జన్మించాడు. ఆయన తండ్రిగారు శిల్పాలు చేసేవాడు. డేవీకి చిన్నతనంలో చదువు సౌకర్యాలు ఏలోటూ లేకుండా జరిగాయి. అదేగాక అతను గ్రంథాలు చదవటం లోనూ, చదివినది మరిచిపోకుండా జ్ఞాపకం ఉంచుకోటంలోనూ అపార ప్రజ్ఞగలవాడు. దీనికితోడు డేవీకి బాల్యంనుంచీ ఇద్దరు శాస్త్రవేత్తలు సన్నిహితంగా ఉండేవారు.

వారిలో ఒకాయన డాక్టర్ టోన్కిన్. డేవీ తల్లికి ఈయన తండ్రి తరువాత తండ్రి అంతటివాడు. రెండోవాడు రాబర్ట్ డన్కిన్. ఈయనవద్ద విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేసే యంత్రాలూ, దానిని నిలవ ఉంచేందుకు లేడెన్ జార్లూ ఉండేవి. వీటితో డేవీ రకరకాల ప్రయోగాలు చేసేవాడు. 20 వ ఏటనే డేవీకి నిశితంగా వైజ్ఞానిక చర్చలు సాగించగల సమర్థత అలవడింది. గ్రిగరీ వాట్ అనే ఆయన సాంగత్యంతో అతను రసాయనశాస్త్రం కూడా తెలుసుకుని వున్నాడు.

డేవీని వైద్యవృత్తికి తయారు చేయాలని డాక్టర్ టోన్కిన్ ఆశయం. ఇందుకుగాను అతన్ని బ్రిస్టల్‌లో వుండే ఒక లేబరెటరీకి పంపారు. అక్కడ అతను అనేక రసాయనిక ప్రయోగాలు చేశాడు. అతనికి వైద్యుడు కావాలన్న అభిలాష వెనక్కుపోయి శాస్త్రవేత్త

కావాలన్న అభిలాష బలపడింది. త్వరలోనే అతనికి మంచి ఖ్యాతి వచ్చింది. 23 వ యేట అతన్ని లండన్‌లోని రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌వారు అసిస్టెంటు లెక్చరరుగా నియమించారు.

డేవీ విద్యుచ్ఛక్తిలో గాల్వాన్ పరిశోధనలను గురించి ఉపన్యాసాలు ప్రారంభించినప్పుడు వాటిని వినటానికి జనం ఎగబడ్డారు. గొప్పగొప్ప కుటుంబాలవారు సయితం వాటిని వినటానికి వ్యామోహంతో వచ్చారు. త్వరలోనే డేవీకి కెమిస్ట్రీ (రసాయన శాస్త్రం) ప్రొఫెసరు పదవి లభించింది. పరిశోధనలు సాగించటానికిగాను ఆయనకు ఒక లేబరేటరీ ఇచ్చారు. అందులో వోల్టా తయారుచేసిన బ్యాటరీ ఏర్పాటుచేశారు. ఇందులో ఈయన ఒక అపూర్వమైన విషయం కనిపెట్టాడు.

రెండు రాగి తీగలకొసలు ఒకదానికొకటి చేరబెట్టి, విద్యుత్ప్రవాహం వాటిగుండా పంపుతూ, కొసలను కొద్దిగా వేరుచేస్తే అవి మాడిపోతాయని డేవీ గమనించాడు. ఆయన ఆ రెండు కొసలకూ కర్బనం (బొగ్గు) ముక్కలు తగిలించి చూశాడు. రాగి తీగెల చివర్ల ఈ కర్బనం ముక్కలు అమర్చి, విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహింపచేసి, వాటిని ఎడం చేసేసరికి మానవుడు ఆనాటివరకూ ఎన్నడూ ఉత్పత్తి చేసి ఉండని అద్భుతమైన వెలుగు వచ్చింది. అదే ఆర్క్‌లైటు. తరవాత డేవీ రెండువేల వోల్టా జాడీల బాటరీ సహాయంతో నాలు గంగుళాల నిడివిగల ఆర్క్ ఉత్పత్తిచేసి దుస్సహమైన కాంతి కలిగించాడు.

కాలక్రమాన యీ ఆర్క్‌లైట్ చాలా ప్రయోజనకారిగా పరిణమించింది. మనకు దీనితోగల నిత్యసంబంధం సినిమా థియేటర్లలో; ఎందుకంటే ప్రతి ప్రొజెక్టరులోనూ ఆర్క్‌లై టుంటుంది. దాని సహాయంతోనే మనం తెరమీద బొమ్మ చూస్తాం.

ఈ ఆర్క్-లైట్ కనిపెట్టిన సర్ హంఫ్రీడేవీ ఇంకా అనేక పరిశోధనలు చేశాడు. అవి వివిధ జీవిత రంగాలకూ, శాస్త్ర శాఖలకూ సంబంధించినవి. వాటిలో చెప్పుకోదగినది బొగ్గు కార్మికులుపయోగించే సెఫ్టీ లైట్. బొగ్గు గనులలో చీకటిగా వుంటుంది. అందుచేత గని కార్మికులు విధిగా దీపాలు ఉపయోగించాలి. అయితే ఈ గనుల్లో ఒకవిధమైన వాయువు ఉత్పత్తి అవుతుంది. దానికి మంటసోకితే అది పేలుతుంది. ఇలాటి పేలుళ్ళు ఒకప్పుడు చాల పరిపాటిగా ఉండేవి. వీటిమూలాన అసంఖ్యాకులైన గని కార్మికులు మరణించేవారు. గని కార్మికులకోసం ప్రమాదరహితమైన దీపం తయారుచేసి ఇచ్చాడు డేవీ.

డేవీ అనేకరకాల వాయువులనుగురించి పరిశోధనలు చేశాడు. కొన్ని విషవాయువులను తనపై ప్రయోగించుకొని ఆయన ఒకసారి చచ్చినంత పనిచేశాడు. కాని ఎలాగో బతికి బయటపడి ప్రొఫెసరుగిరీ అందుకున్నాడు. ఆయన పరిశోధించిన వాయువులలో "లాఫింగ్ గాస్" అనేది ఒకటి. ఇందులో నత్రజని, ప్రాణవాయువు చేరి వుంటాయి. ఈ వాయువును ఎవరిమైనగానీ ప్రయోగిస్తే వారు నవ్వనారంభిస్తారు. వారికి బాధ అంతగా తెలియదు. ఈ వాయువును శస్త్ర చికిత్సల సందర్భంలో ఉపయోగపరచవచ్చునని డేవీ సూచించాడు.

డేవీ తన చివరికాలాన్ని వ్యవసాయదారులకు ఉపయోగించే పరిశోధనలలో గడిపాడు. అభ్యుదయ శాస్త్రవేత్త లందరిలాగే డేవీ తన పరిశోధనలను ప్రజాక్షేమంకోసం, ప్రజల సుఖంకోసం వినియోగపరిచాడు. అందుకనే 1829 మార్చి 29 న ఆయన చనిపోయేనాటికి ఆయన ఖ్యాతి ప్రపంచమంతటా పాకింది.

విద్యుచ్ఛక్తి విషయంలో డేవీ ఆర్క్-లైట్ కనిపెట్టడమేగాక, రసాయనిక సంయోగంలోఉన్న అనేక పదార్థాలను విద్యుచ్ఛక్తి విడగొట్టుతుందనికూడా నిరూపించాడు.

డేవీ కనిపెట్టిన గొప్పవిషయాలు బోలెడున్నాయి. అయితే, ఎవరో ఛలోక్తిగా అన్నట్లు, ఆయన కనిపెట్టిన అన్ని విషయాల కన్నా గొప్పవిషయం మైకేల్ ఫారడే! ఫారడే అసమాన మేధావి, ప్రపంచంలో అవతరించిన అత్యుత్తమ వైజ్ఞానికులు కొద్దిమందిలో ఒకడు. ఆయన విద్యుచ్ఛక్తి పరిశోధనలకు కొత్తజీవం పోశాడు.

మైకేల్ ఫారడే

మైకేల్ ఫారడే 1791 సెప్టెంబరు 22న లండను నగరంలో జన్మించాడు. అతని తండ్రి కమ్మరి. చిన్నతనంనుంచీ మైకేల్ పని చేసుకోవలిసి వచ్చింది. అతను 12 ఏళ్ళ కుర్రవాడుగా ఉండగా, ఒక పుస్తకాలమ్మే పెద్దమనిషి అతన్ని చూసి అభిమానించి, జీతం లేకుండా తన కింద పనిచెయ్యటానికి పెట్టుకున్నాడు. ఈ పెద్దమనిషి అచ్చయిన కరపత్రాలను తూకం లెక్కనకొని వాటిని బైండు చేయించి పుస్తకాలుగా అమ్మేవాడు. ఈయన తయారుచేసే పుస్తకాలలో విజ్ఞాన సర్వస్వాలు కూడా ఉండేవి. ఈ పుస్తకా లన్నిటినీ ఫారడే చివరంటా చదువుతూండేవాడు.

ఫారడే ఈవిధంగా అరువు పుస్తకాలు చదివి చాలా జ్ఞానం పోగుచేశాడు. అతను 20 ఏళ్ళవాడై ఉండగా ఒకనాడు విద్యుచ్ఛక్తి పుస్తకం ఒకటి తదేకదీక్షతో చదువుతున్నాడు. ఆ సమయానికి అక్కడికి ఒక పెద్దమనిషి ఖాతాదారు వచ్చాడు. విద్యుచ్ఛక్తి గురించి ఫారడేకుగల ఆసక్తి చూసి ఆనందించి, బహుమానంగా అతనికి నాలుగు టిక్కెట్లిచ్చాడు. అవి సర్ హంఫ్రీడేవీ ఇస్తున్న ఉపన్యాసాలు వింటానికిగాను టిక్కెట్లు! అప్పటికే చాలా ఉపన్యాసాలు జరిగాయి, ఇంకా నాలుగు మిగిలి ఉన్నాయి. మైకేల్ ఫారడే తనకు లభించిన టిక్కెట్లతో ఆ నాలుగు ఉపన్యాసాలూ విన్నాడు. ఇవి

వినటంతో అతని జీవితమంతా మారిపోయింది. తాను శాస్త్రవేత్త అయితీరాలని మైకేల్ ఫార్ డే నిశ్చయించుకున్నాడు.

(ఒక దీపంనుంచి మరొకదీపం వెలుగుతుంది. విజ్ఞానజ్యోతి కూడా అలాంటిదే. మరి కొంతకాలానికి వైజ్ఞానిక ఉపన్యాసాలివ్వటం మైకేల్ ఫారడే వంతయింది. అప్పుడు మరొక కుర్రవాడు వచ్చి ఆయన ఉపన్యాసాలు విని, వాటి ప్రభావంతో ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త అయి, విద్యుచ్ఛక్తితో గొప్ప పరిశోధనలు చేశాడు. ఆయనే సర్ విలియం క్రూక్స్. ఆయననుగురించి ముందు తెలుసుకుందాం.)

తాను శాస్త్రజ్ఞుడు కావాలని ఫారడే నిర్ణయించుకున్నాడే గాని అది అప్పటి మటుకు గొంతెమ్మ కోరికలాగే కనబడింది. ఈ కోరిక ఎలా ఫలిస్తుందో అతనికి తెలియదు. కాని అతను ఒక పనిచేశాడు - తాను విన్న నాలుగుపన్యాసాల సారాంశమూ, దానిపై తనకు కలిగిన భావాలూ చక్కని దస్తూరీతో రాసి సర్ హంఫ్రీడేవీకి పంపించాడు.

కొద్దిరోజులు గడిచాయి. ఒకరాత్రి మైకేల్ ఫారడే తన పడకగదిలో పడుకోబోతూండగా ఎవరో తలుపు తట్టారు. ఫారడే తలుపు తెరిచి ఒక డవాలీ బంట్రోతును చూశాడు. ఆ వచ్చినవాడు సర్ హంఫ్రీ డేవీ నౌకరు. మర్నాడు ఉదయంవచ్చి అయ్యగారి దర్శనం చెయ్యమని చెప్పి పోవటానికి వచ్చాడు.

ఫారడే మర్నాడు డేవీని కలుసుకున్నాడు. అతను తన బాల్యం నుంచీ దహించిన జ్ఞానతృష్ణ ఫారడేలోకూడా ఉన్నదని డేవీ కనిపెట్టగలిగాడు. అయినా ఆయన ఫారడేతో శాస్త్రజ్ఞుడు ఎదుర్కోవలసిన కష్టనష్టాల గురించి చెప్పి, వారానికి 25 షిల్లింగులు (17 రూపాయిలు) జీతంమీద అతనికి పని ఇచ్చాడు.

కాలక్రమాన ఫారడే తన యజమానికి కుడిభుజంగాఅయాడు. ఉపన్యాసం తయారు చెయ్యాలన్నా, ప్రయోగాలకు సన్నాహాలు చెయ్యాలన్నా ఫారడే తోడ్పడేవాడు. డేవీ దేశాంతరాలు వెళితే ఫారడే విధిగా వెంటవెళ్ళేవాడు. కాని, డేవీ భార్య మాత్రం ఫారడేను ఇంటి నౌకరులాగే చూసేది, నౌకర్లతోపాటు అతనికి భోజనం పెట్టేది. ఇలాంటి అవమానాలను ఫారడే ఎంతో ఓర్పుతో సహించాడు, దీక్షతో విజ్ఞానం ఆర్జించాడు. కాలక్రమాన, రాయల్ ఇన్‌స్టిట్యూషన్‌లో డేవీ నిర్వహించిన పదవి ఫారడేకు లభించింది. ఆయన తన జీవితంలో ఎన్నో అపూర్వ పరిశోధనలుచేసి ప్రపంచం లోని అగ్ర శాస్త్రవేత్తలలో తన పేరు చిరస్థాయిగా చేసుకున్నాడు.

ఫారడే చేసిన ఒక పరిశోధన అతి స్వల్పమైనదిగా కనిపిస్తుంది. అయస్కాంతం చుట్టూ దాని శక్తి పరుచుకుని వుంటుంది. ఇది అయస్కాంతం తాలూకు ధృవాల దగ్గర కేంద్రీకృతమై వుంటుంది. ఇలా పరుచుకుని ఉన్నశక్తిని అయస్కాంత క్షేత్రం – మాగ్నెటిక్ ఫీల్డ్ – అంటారు. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఒక తీగెను వేగంగా కదిలించినట్టయితే, ఆ తీగెలో విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహిస్తుంది. ఇదే ఫారడే కనిపెట్టిన గొప్ప విషయం.

ఇందులో పెద్దగా ఆశ్చర్యపడవలసిన విషయం ఏముంది? గాజుకడ్డీని సిల్కుతో రుద్ది విద్యుచ్ఛక్తి పుట్టించటంకన్న ఇది ఏమంత గొప్పవిషయం? ఈ సందేహాన్నే ఒకస్త్రీ ఫారడేదగ్గిర వెలిబుచ్చింది. ఆయన తాను కనిపెట్టిన ఈ విషయాన్ని ప్రయోగంద్వారా పది మంది ఎదట చేసి చూపిస్తున్నాడు. "ఇది తెలుసుకోవటంవల్ల లాభం ఏమిటి" అని ఆ స్త్రీ ఫారడేను అడిగింది. "అమ్మా, కొత్తగాపుట్టిన బిడ్డవల్ల ప్రయోజనం ఏమిటి?" అని ఎదురు ప్రశ్నించాడు ఫారడే.

ఒక కమ్మరివాడి కడుపునపుట్టి ఫారడే ప్రపంచఖ్యాతి సంపాదించుకున్నట్టే, మైకేల్ ఫారడే తలలోపుట్టిన ఈ జ్ఞానం పెరిగి

పెద్దదై, ప్రపంచాన్నంతా జయించి, నాగరికతను అపారంగా పెంచింది.

ఫారడే ప్రపంచానికి విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేసే మరొక సరి కొత్త మార్గాన్ని చూపాడు. అయస్కాంతం ధృవాలమధ్య తీగె చుట్టను గుండ్రంగా తిప్పినట్టయితే అది డైనమో లేక జెనరేటర్ అవుతుంది. దానినుంచి విద్యుచ్ఛక్తి లభిస్తుంది.

అయస్కాంతం ధృవాలమధ్య ఒక చుట్టకు బదులు అనేక వందల తీగెచుట్టలు అమర్చి, వాటిని ఏ ఆవిరి శక్తితోనో, జలపాత శక్తితోనో అతివేగంగా తిప్పినట్టయితే అంతులేని విద్యుచ్ఛక్తి వయలుదేరి, టెలిగ్రాఫ్, టెలిఫోన్, స్టీమర్, సబ్మరీన్, విమానం, మోటార్ కార్, ట్రాం, ఎలెక్ట్రిక్ ట్రెయిన్, రేడియో, పారిశ్రామిక యంత్రాలు, ఇళ్ళలో ఎలెక్ట్రిక్ ఫాన్‌లు నడపటానికీ, దీపాలు వెలిగించటానికీ పనికి వస్తుంది. "ఈ జ్ఞానంవల్ల లాభం ఏమిటి?" అని ఆ స్త్రీ వేసిన ప్రశ్నకు సమాధానం ఈనాడు ప్రతి పిల్లవాడూ ఎరుగునని చెప్పవచ్చు. ఫారడే చేసిన పరిశోధన ప్రపంచం అన్ని ప్రాంతాలనూ దగ్గిరికి చేర్చింది. సర్వమానవ సౌభ్రాతృత్వానికి పునాదులు వేసింది.

ప్రపంచంలో ఏమూల ఏదిజరిగినా మరుక్షణం టెలిఫోన్, రేడియోలద్వారా ప్రపంచాని కంతకూ తెలుస్తున్నది. మన పూర్వీకులు నాలుగేళ్ళలో చేసిన చీనా ప్రయాణం ఈనాడు విమానాలద్వారా ఒక్కరోజులో చెయ్యవచ్చు. వెనక వెయ్యేళ్ళకాలంలో ఎంతమంది భారతీయులు చీనాకు వెళ్ళారో అంతకన్న ఎక్కువమంది ఈ నాడు ఒక్కరోజులో వెళ్ళగలుగుతున్నారు. యంత్రపరిశ్రమల ద్వారా ప్రజలసంపద అపారంగా ఉత్పత్తి అవుతున్నది. ఈ అన్నిటికీ వెనకఉన్నది ఫారడే చేసిన చిన్న పరిశోధనే!

ప్రపంచానికి పనికివచ్చే పరిశోధనలు ఫారడే ఇంకా చాలా చేశాడు. ఆయన మిశ్రలోహాలను గురించి పరిశోధన చేశాడు. మిశ్ర లోహాలుకూడా నాగరికతకు చాల దోహదం చేశాయి. మనకందరికీ తెలిసిన మిశ్రలోహాలు ఇత్తడి, కంచు మాత్రమే. కాని ప్రపంచానికంతకూ ఈనాడు అత్యంత ఉపయుక్తంగా ఉన్న మిశ్రలోహం ఉక్కు. ఉక్కులో అనేకరకాలున్నాయి. ప్రతి రకానికీ కొన్ని విశిష్టమైన లక్షణాలూ, వాటివల్ల ప్రత్యేక ప్రయోజనాలూ ఉన్నాయి.

ఫారడే గ్లాసు తయారీలో అభివృద్ధి సాధించాడు. పాదరసం ఆవిరిఅయే విధానాన్ని పరిశోధించాడు. సాధారణంగా వాయు రూపంలోఉండే పదార్థాలు ద్రవరూపం దాల్చడానికి అనుసరించే నియమాలను పరిశోధించాడు. శబ్దశాస్త్రం పరిశోధించాడు. విద్యుచ్ఛక్తితో గనులను పేల్చే పద్ధతి కనిపెట్టాడు. పదార్థానికి స్వయం ప్రకాశనశక్తి ఉంటుందని కూడా ఫారడే వూహించాడు. రేడియం కనిపెట్టిన మదాంక్యూరీ ఈ విషయాన్ని ప్రత్యక్షంగా రుజువుచేయగలిగింది.

ఫారడేను ప్రపంచం చాలా గౌరవాలతో ఆదరించటానికి సిద్ధపడింది. కాని ఆయన వాటిని లక్ష్యంచేయక తోసిపుచ్చాడు. ఆయన 1867 ఆగస్టు 25 న మరణించాడు. న్యూటన్ తరవాత ఫారడే అంతగొప్ప శాస్త్రవేత్త లేడని బ్రిటిష్‌వారు గర్వంగా చెప్పుకుంటారు.

అతి చిన్న తరంగాలు - అతి పెద్ద తరంగాలు

హైన్‌రిక్ గైస్లర్ అనే జర్మను దేశస్థుడు శాస్త్రపరికరాలు తయారుచేస్తుండేవాడు. ఈయన ఒక చిత్రమైన గాజుగొట్టం తయారుచేసి దానికి "గైస్లర్ ట్యూబ్" అని పేరుపెట్టాడు. రెండు

చివరలూ మూసిన ఈ గొట్టంలో ఒక్కొక్క చివరా ఒక్కొక్క లోహపుతీగె తాపటంచేసిఉంది. గొట్టంలోగల గాలి చాలాభాగం పంపుతో తీసివేయబడింది. ఇప్పుడు గొట్టంలో తాపటంచేసిన రెండు తీగెలనూ బాటరీ రెండుకొసలకూ తగిలిస్తే గొట్టమంతా విచిత్రంగా వెలిగింది !

గాలి సామాన్యస్థితిలో విద్యుద్వాహకంకాదు. కాని దాని ఒత్తిడి చాలాభాగం తగ్గించినాక అది విద్యుచ్ఛక్తిని మొయ్యటమే గాక, ఆ శక్తిమూలంగా ప్రకాశిస్తున్నది.

ఈ శక్తి గాలికేగాక ఇతర వాయువులకు కూడా ఉన్నట్టు కాలక్రమాన రుజువయింది. ప్రకటనార్థం పట్టణాలలో "నియాన్ లైట్" అక్షరాలు షాపులమీద అమర్చుతారు. వీటిలో వెలిగేది నియాన్ అనే వాయువు.

గైస్లర్ చేసిన గొట్టాలకంటె ఇంకా ఘనమైనవి తయారు చేసినవాడు సర్ విలియం క్రూక్స్. ఈయన గొట్టాలలోని గాలిని దాదాపు పూర్తిగా తీసివేసి, పది లక్షలలో ఒకవంతు మాత్రమే వుండనిచ్చాడు. ఈయన తయారుచేసిన గొట్టాలు ("క్రూక్స్ ట్యూబ్స్") పరిశోధనలకు అపారంగా తోడ్పడ్డాయి.

గైస్లర్ గొట్టాలకూ, క్రూక్స్ గొట్టాలకూ గల పెద్ద తేడా ఏమంటే విద్యుచ్ఛక్తి పంపకం చేసినప్పుడు గైస్లర్ గొట్టమంతా కాంతితో వెలిగేది. క్రూక్స్ గొట్టంలో అలా జరగక, గొట్టంలో తాపటంచేసిన లోహపు తీగెలలో ఒకదానినుంచి బలహీనమైన కాంతిగల కిరణాలు బయలుదేరి రెండవ లోహం ముక్కవేపు ప్రసరించాయి. ఈ కిరణాలు ఎక్కడైతే గాజుగొట్టాన్ని తాకుతాయో అక్కడల్లా గొట్టం అందమైన పసుపు - ఆకుపచ్చ మిశ్రకాంతితో ప్రకాశిస్తుంది.

ఈ కిరణాలకు "కేథోడ్" కిరణాలని పేరుపెట్టారు. బాటరీకి రెండు చివర లుంటాయి. అందులో ఒకటి కేథోడ్ (లేక ఋణ ధృవం), రెండోది ఏనోడ్ (లేక ధనధృవం) బాటరీతాలూకు కేథోడ్‌కు సంధించిన వైపునుంచే ఈ కిరణాలు వస్తాయి. అందుకని వీటికి "కేథోడ్" కిరణాలని పేరు వచ్చింది.

ఈ కిరణాలనుగురించి సర్ విలియం క్రూక్స్ చాలా పరిశోధనలు చేశాడు. ఇవి సాధారణంగా సూటిగా ప్రసరిస్తాయి. వీటి మార్గంలో అయస్కాంతాన్ని ఉంచినట్టయితే అవి వంగుతాయి. వీటి దారికి ఏ వస్తువునైనా అడ్డం వుంచితే అది వేడెక్కుతుంది. వజ్రాలు మొదలైనవాటికి ఈ కిరణాలు సోకినట్టయితే అవి ప్రకాశిస్తాయి.

సాధారణంగా ప్రతి పదార్థమూ ఘన, ద్రవ వాయు స్థితులలో ఉంటుంది. ఈ కిరణాలు పదార్థం తాలూకు నాలుగోస్థితి అని క్రూక్స్ చెప్పాడు.

ప్రపంచమంతటా అనేకమంది శాస్త్రజ్ఞులు "క్రూక్స్" గొట్టాలతో పరిశోధనలు చేయసాగారు. ప్రొఫెసర్ లినార్డ్ అనే ఆయన కేథోడ్ కిరణాలు అల్యూమినం పలకలోనుంచి అవలీలగా – సూర్యకిరణాలు అద్దంముక్కలోనుంచి పోయినట్టు – దూసుకుపోతాయని గమనించాడు.

19 వ శతాబ్దం ముగియకపూర్వమే పదార్థ విజ్ఞానం ఎంతో అభివృద్ధి అయింది. 1893 లో ఒక ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త ఉపన్యసిస్తూ, పదార్థ విజ్ఞానంలో తెలుసుకోదగినదంతా ఇదివరకే కనిపెట్టబడిందని ఉద్ఘాటించాడు. ఇది కేవలం పొరపాటు. ఈ మాట 20 వ శతాబ్దం చివరకూడా ఎవరూ అనటానికి సాహసించరాదు.

ఈ శాస్త్రవేత్త ఈమాట అన్న రెండేళ్ళకి (1895 లో) జర్మన్ ఫిజికల్ సొసైటీలో ప్రొఫెసర్ విలెల్మ్ కోన్రాడ్ రాయెంట్జెన్ అనే

ఆయన తానొక కొత్తరకం కిరణాలను కనిపెట్టినట్లు ప్రకటించాడు. ఈ కిరణాల సహాయంతో తీసిన ఫొటోలను ఆయన ప్రదర్శించాడు. ఒక ఫొటో ఆయనచేతిది. ఆ చేతిఎముకలన్నీ ఫోటోలో ఉన్నాయి! మరొక ఫొటో ఆయన తోలుసంచిది. సంచీలోఉన్న నాణెములూ, తాళపు చెవులూ ఫొటోలో కనిపిస్తున్నాయి.

ఘనపదార్థాలను ఇంత సులువుగా చొచ్చుకుపోయే ఈ కిరణాలు ఏమిటి? వీటిని గురించి శాస్త్రవేత్తలు ఎరగరు. ఇది సరికొత్త పరిశోధన.

రాయెంజైన్ ఈ కిరణాలను కొత్తగా సృష్టించలేదు. పనిపెట్టుకుని ఆయన వాటిని పరిశోధించనూ లేదు. ఒకనాడాయన క్రూక్స్ గొట్టంతో ఏదో ప్రయోగం చెయ్యటానికి ఉపక్రమించాడు. గొట్టాన్ని నల్లకాగితంతో కప్పాడు. ఆయన ఏం ప్రయోగం చెయ్యబోతున్నాడో తెలీదు. కాని తలవని తలంపుగా ఒక వింతవిషయం ఆయన కళ్ళపడింది. క్రూక్స్ గొట్టానికి చాలా గజాల దూరంలో ఒక అట్టమీద పూసిఉన్న ఏదో పదార్థం ప్రకాశించటం ఆయనకు కనిపించింది. క్రూక్స్‌గొట్టంచుట్టూ నల్లకాగితంచుట్టి ఉంది గనక, కంటికి కనిపించే కిరణాలేవీ ఆ అట్టమీద పడటానికిలేదు. ఏవో అదృశ్యకిరణాలు క్రూక్స్‌గొట్టంనుంచి బయలుదేరి అట్టమీదపడగా దానికి పూసి ఉన్నపదార్థం ప్రకాశిస్తున్నదని రాయెంజైన్ తెలుసుకున్నాడు. ప్రయోగాలద్వారా యీ విషయం రుజువు చేశాడు. ఈ అదృశ్య కిరణాలు ఫొటోగ్రాఫిక్ ప్లేట్లనుకూడా "పాడు" చెయ్యగలవని గమనించి, అలాటి ప్లేట్ల సహాయంతో పైన చెప్పిన ఫొటోలు తీశాడు.

ఈ కిరణాలకు "ఎక్స్" కిరణాలని పేరు పెట్టారు ఈ కిరణాలు ఇప్పుడు పరిశ్రమలోనూ, వైద్యానికీ అపారంగా తోడ్పడుతున్నాయి. వీటి సహాయంతో ఊపిరితిత్తులనూ, శరీరంలోని ఎముకలనూ, కండ

రాలలో ఇరుక్కుపోయిన సూదులు మొదలైనవాటినీ సులభంగా చూడవచ్చు. విరిగిన ఎముకలు సరిగా అతికి కట్లు కట్టటానికీ, శస్త్ర చికిత్సలు చెయ్యటానికీ, పోతపోసిన లోహపు వస్తువులలో గుల్లలూ, పగుళ్ళూ పరిశీలించటానికీ ఈ కిరణాలు ఉపయోగపడుతున్నాయి.

కేథోడ్ కిరణాలు ఏ వస్తువునైనా తాకినప్పుడు ఆ వస్తువు నుంచి ఈ "ఎక్స్" కిరణాలు వెలువడుతాయి. క్రూక్స్ గొట్టంతో పరిశోధనలు చేసినవారెవరైనా వీటిని గమనించివుండచ్చు. కాని ఆ గౌరవం రాయంట్జెన్‌కు దక్కింది. ఇవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలలో అతి సూక్ష్మమైనవి.

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు అన్నది మనకు కొత్తమాట. ఈ తరంగాలేమిటి ?

విద్యుచ్ఛక్తికీ, ఆ అయస్కాంత శక్తికీగల సంబంధాలను ఫారడే తన పరిశోధనలలో నిరూపించాడు. ఈ పరిశోధనల ఆధారంతో జేమ్స్‌క్లర్క్ మాక్స్‌వెల్ అనే బ్రిటిష్ గణితజ్ఞుడు కంటికికనిపించే కాంతి తరంగాన్ని విద్యుదయస్కాంత తరంగాలేనని 1873 లోనే సిద్ధాంతీకరించాడు.

ఈయన సిద్ధాంతానికి చాలామంది వ్యతిరేకించారు. విద్యుచ్ఛక్తినుంచి తరంగాలు వెలువడతాయని ఎవరూ నిరూపించి ఉండలేదు. అయితే 1887 లో ప్రొఫెసర్ హైన్రిక్ హెర్ట్జ్ అనే ఆయన విద్యుత్తరంగాలను కనిపెట్టాడు. ఈయన రెండు లోహపు గుండ్లమధ్య "స్పార్క్" కొట్టించి, తద్వారా ఏర్పడే విద్యుత్తరంగాలను మరొక తీగెచుట్టతో "పట్టుకున్నాడు." ఈ రెండో తీగెను గుండ్రంగా వంచి దాని కొసల మధ్యను చిన్న ఖాళీ వదలగా, విద్యుత్తరంగాల ప్రభావంతో ఆ జాగాలో చిన్న స్పార్క్ వచ్చింది.

ఎక్స్‌కిరణాల తరంగాలు అతిసూక్ష్మమైనవైతే ఈ విద్యుత్తరంగాలు అతిస్థూలమైనవి. వీటి అలలు గజాల ప్రమాణంలో

కుంటాయి. మనం ఈనాడు రేడియో వింటున్నది ఇలాంటి తరంగాల సహాయంతోనే.

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలన్నీ ఒకే వేగంతో - సెకండుకు 186 వేల మైళ్ల వేగాన - ప్రసార మవుతాయి. వాటన్నిటిలోకీ స్థూలమైనవి రేడియో తరంగాలు. "ఎక్స్" కిరణాలు అన్నిటికన్నా సూక్ష్మమైనవి మటుకు కావు. వాటికన్న సూక్ష్మమైనవి "గామా" కిరణాలు; అంతకన్న కూడా సూక్ష్మమైనవి "కాస్మిక్" కిరణాలు. ఇన్నిరకాల కిరణాలలో కాంతి కిరణాలను మాత్రమే మన కన్ను చూడగలుగుతుంది. మిగిలినవన్నీ అదృశ్య కిరణాలే.

శబ్దతరంగాలు ఈ జాబితాలోకి రావు. అవి గాలిలో కలిగేవి. అవి గంటకు సుమారు 750 మైళ్ళ వేగంతో కదులుతాయి. అవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు కానేకావు. వాటిలోకూడా కొన్ని మాత్రమే చెవికి అందుతాయి.)

రేడియో తరంగాలనుంచే రాడార్ వచ్చింది. కాంతి తరంగాలలాగే రేడియో తరంగాలను కేంద్రీకరించి, సాంద్రమైన (దట్టమైన) కిరణాలుగా ప్రసారం చేయవచ్చు. అవికూడా కాంతి తరంగాలలాగే సూటిగా ప్రయాణంచేసి దేనికైనా తగలగానే వెనక్కు మళ్లి వస్తాయి. కాంతితరంగాలలో లేనిగుణం ఒకటి రేడియోతరంగాలలో ఉన్నది; రేడియోతరంగాలు పొగమంచులాంటి దాన్ని సులువుగా దూసుకుపోగలవు.

గడచిన యుద్ధంలో రాడార్ సహాయంతో శత్రు విమానాలు ఎంత దూరంలో ఉన్నదీ, ఎంత వేగంతో ఎటుగా పోతున్నదీ కనిపెట్టారు. రేడియో తరంగాల కిరణం శత్రు విమానాలను తాకి వెనక్కు తిరిగి రావటానికి ఎంతకాలం పట్టేదీ తెలిస్తే ఈ వివరాలన్నీ తెలుస్తాయి.

రాడార్ కిరణాన్ని చంద్రుడివద్దకు పంపి తిరిగి తెప్పించారు. అదివరకు అంచనాకురాని సముద్రపు అగాధాల లోతులను రాడార్ గుణించిపెట్టింది. రాడార్ సహాయంతో విమానాలు, స్టీమర్లు నడిపేవారు చీకట్లో కూడా "చూడ" గలుగుతున్నారు.

అయితే రేడియో కిరణాలు కంటికి కనపడవు. వాటిని కంటికి కనపడేలాగా చెయ్యటానికి క్రూక్స్ గొట్టాలలాంటివి ఉపయోగించబడుతున్నాయి.

ఇటువంటి గొట్టాలే టెలివిజన్‌లోకూడా ఉపయోగించబడు తున్నాయి.

రేడియోకిరణాలు ఖగోళ పరిశోధనలకుకూడా అద్భుతంగా వినియోగపడుతున్నాయి. అనేక నక్షత్రాలు కంటికి అదృశ్యంగా ఉండికూడా రేడియో తరంగాలను ప్రసారంచేస్తున్నాయి. కంటికి కనబడే నక్షత్రాలుకూడా రేడియో తరంగాలను పంపకం చేస్తాయి. సూర్యుడినుంచి వచ్చే తరంగాలు "రేడియో" ద్వారా వినబడ్డాయి. పాలవెల్లినుంచికూడా బలహీనమైన తరంగాలు వస్తున్నాయి. రాడారు పంపిణీపై తయారయిన రేడియో టెలిస్కోపుల సహాయంతో, కంటికి కనిపించని నక్షత్రాలు 50 దాకా గమనించబడ్డాయి. తోకచుక్కలు, ఉల్కలు మొదలైనవాటిని పట్టపగలుకూడా పసికట్ట టానికి రేడియో టెలిస్కోపులు పనికివస్తాయి.

ఈవిధంగా విద్యుచ్ఛక్తి మానవుడి విజ్ఞానంతో మచ్చిక చేయబడి, తానే ఒక విజ్ఞానసాధనంగా రూపొందుతున్నది.

కాంతి

జీవితానికి కాంతి అత్యంత ఉపయుక్తమైనది. దాని సహాయం వల్లనే అనేక జీవరాసులు "చూడ" గలుగుతున్నాయి. తమ పరిసరాలనుగురించి తెలుసుకోగలుగుతున్నాయి. జంతువుల పరిణామంద్వారా లభించిన "కన్ను" ను మానవుడు ప్రధానేంద్రి

యంగా ఏనాడో గుర్తించాడు. అందుచేతనే "సర్వేంద్రియాణాం నయనం ప్రధానం" అన్న సూక్తి పుట్టింది.

జ్ఞానార్జనకు మనం కంటిమీాద అపారంగా ఆధారపడు తున్నాం. వెలుగు లేనిదే కన్ను పనిచెయ్యదు. "ప్రత్యక్షంగా చూస్తే" తెలిసినట్టుగా మరో విధంగా తెలియదు. అందుకనే మనం పిల్లలకు అనేక విషయాలు ప్రత్యక్ష బోధద్వారా తెలియజేస్తున్నాం. ప్రత్యక్షంగా చూాపటానికి వీలులేనివి వర్ణించేటప్పుడుకూడా మనం, వినేవాడు లోగడ కంటితో సంపాదించిన జ్ఞానంమీాద చాలావరకు ఆధారపడతాం. వీటన్నిటినీబట్టి జ్ఞానానికీ, వెలుగుకూ గల బాంధవ్యము మనం గ్రహించవచ్చు.

అంతేకాదు. మనం జ్ఞానాన్ని "వెలుగు" అనీ, అజ్ఞానాన్ని "చీకటి" అనీ తరుచు అంటాం. కర్తవ్యం నిర్ణయించలేని సమయాల్లో గాంధీ, "నాకు వెలుగు కనిపించటంలేదు" అనేవాడు. ఎవడైనా అజ్ఞానాన్ని వదలగొట్టుకున్నాడనటానికి మనం, "వాడికి జ్ఞానోదయ మయింది" అంటాం. అట్లాగే, "వాడు మోహాంధకారంలోపడి కొట్టుకుంటున్నాడు" అంటాం, తెలివిగల ముఖం అనటానికి "కాంతి గల ముఖం" అంటాం, "తేజస్సుగల ముఖం" అంటాం. మన కిష్ట మైనదేదన్నా కనిపించకపోతే కన్ను పొడుచుకున్నట్టున్నదంటాం. ఇటువంటి ప్రయోగాలు అంతులేనన్ని ఉన్నాయి.

ఈ ప్రపంచంలో నివసించేవారికి వెలుగునిచ్చేది ఒక్క సూర్యుడేనని చెప్పవచ్చు. నక్షత్రాల వెలుగు చాలా అల్పమైనది. మనకు ఆకాశంలో కనిపించే ఇతర గ్రహాలూ, చంద్రుడూ స్వయం ప్రకాశాలు కావు. సూర్యుడికాంతి పడి మాత్రమే అవి ప్రకా శిస్తాయి. ఉల్కలూ, మెరుపులూ ఇచ్చే వెలుగు చాలా క్షణిక మైనది. అందుచేత మనం వెలుగుకోసం ప్రత్యక్షంగానూ, పరోక్షం గానూకూడా సూర్యుడుపైననే అధికంగా ఆధారపడిఉన్నాం.

పరోక్షంగా ఎందుకంటే, మనం నూనెదీపాలూ, విద్యుద్దీపాలూ పెట్టుకున్నప్పుడుకూడా సూర్యుడిపైనే ఆధారపడుతున్నాం. బొగ్గులో సూర్యరశ్మితాలూకు శక్తి నిక్షిప్తమై ఉన్నది. సూర్య కిరణాలు సముద్రాలను ఆర్చి, మబ్బులు తయారుచేయగా, అవి వర్షించి నదులు పారినప్పుడు, మనం ఆ నదులనుంచి జలవిద్యుత్తు సంపాదిస్తున్నాం.

సూర్యుడియొక్క ప్రాముఖ్యాన్ని మన పూర్వీకులు ఏనాడో కనిపెట్టారు. ప్రపంచంలో వివిధ ప్రాంతాల సూర్యోపాసన అమలులో ఉండేది. మన దేశంలోలాగే అనేక దేశాలలో సూర్యుడికి ఆలయాలు కూడా ఉండేవి. అంతేకాదు. జ్ఞానాన్ని వెలుగుతో పోల్చినట్టే పాతకాలపు మానవులు సూర్యుణ్ణి కంటితో పోల్చారు. "తచ్చక్షు ర్దేవహితం", "చక్షుర్మిత్రస్య వరుణస్యాగ్నేః" అని మన పూర్వీకులు సూర్యుణ్ణిగురించి అన్నారు. సూర్య చంద్రులను ఈశ్వరుడి రెండు కళ్ళుగా పోల్చారు. కన్నులు కాంతిని వెదజల్లుతాయన్న భ్రమ మనం సాహిత్యంలోనూ, నిత్యవ్యవహారంలోనూకూడా తరుచు గమనిస్తాం. "సూర్య చంద్రులు సాక్షిగా", అంటే వారు చూసేవారని! "వాడి కళ్ళు ప్రకాశించాయి, నిప్పులు కక్కాయి, మెరిశాయి, కాంతిహీనమయాయి" వంటి ప్రయోగాలు కొల్లలు. "చల్లని చూపు," "వాడి చూపు (లేక, కన్ను) నామీద పడింది," మొదలైన ప్రయోగాలుకూడా ఇలాటివే. "సురసురా చూచాడు", "తొలిచేటట్టు చూచాడు", "చూపులతో తడివాడు" మొదలైన ప్రయోగాలన్నిటిలోనూ కంటినుంచి ఏదో వచ్చి చూడబడే వస్తువుపై పడుతుందన్న అపోహ ఉంది.

నిత్య వ్యవహారంలోనూ, అలంకారికమైన భాషలోనూ ఇలాటి ప్రయోగాలు పట్టివ్వవు. సూర్యు డస్తమించాడంటాం. సూర్యుడు అస్తమించడని మనకు తెలుసు. నిజం చెప్పాలంటే

సూర్యుడు కనపడకుండా భూమి తిరిగిపోయిందనాలి. అలా ఎవరూ అనరు. ఎవరన్నా అన్నప్పటికీ ఎవరూ అర్థం చేసుకోలేరు. "నన్ను కాంచగా నోపగా లేక కన్నులట్టె మూసికొనినవి తారకలు" అని కవి అంటే, మనం దాన్ని సరిగానే అర్థం చేసుకోగలం.

కాని యీ భ్రమను పాశ్చాత్యదేశాలలో శాస్త్రవేత్తలు సయితం అనేక శతాబ్దాలపాటు అమలులో ఉంచారంటే అది నిజంగా ఆశ్చర్యపడదగిన విషయం. క్రీస్తుకు పూర్వం శాస్త్రజ్ఞానాన్ని అపారంగా సంపాదించి, గణితం, జ్యోతిషం మొదలైనవాటిలో గొప్ప జ్ఞానాన్ని ఆర్జించిన గ్రీక్ తత్వజ్ఞులు - ప్లాటో, దామియానోస్, యూక్లిడ్, టోలెమీ మొదలైనవారందరూ గుడ్డిగా కన్నులు కాంతిని ప్రసరించి, తద్వారా బాహ్యప్రపంచాన్ని చూస్తాయని నమ్మారు. 17 వ శతాబ్దంలో గలీలియో సైతం అప్పుడప్పుడూ యీ సిద్ధాంతాన్ని అవలంబించాడు! 1665 లో ఇసాక్ న్యూటన్ అనే జగత్ప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త కాంతినిగురించి పరిశోధనలు ఆరంభించే దాకా, ప్రపంచంలో కాంతి అన్నదానికి సరియైన నిర్వచనమే లేదని చెప్పవచ్చు.

కాంతి అనేది ఏమిటి? దాని స్వరూప స్వభావాలేవి? రంగు లేమిటి? వాటిలో తేడా లేమిటి? కంటికి కనిపించేదంతా కాంతేనా? కాంతి అంతా కంటికి కనిపిస్తుందా? కాంతి ఒకప్పుడు ఎక్కువగా కనిపిస్తుంది; కాంతియొక్క హెచ్చుతగ్గులను నిర్ణయించే మార్గాలేమిటి? దీనికి కన్ను చాలుతుందా? ఇంకేమైనా కొలబద్ద లున్నాయా?

ఇలాంటి అసంఖ్యాకమైన ప్రశ్నలకు సమాధానాలు ప్రారంభమయింది 17 వ శతాబ్దంలోనే. అంతదాకా మానవుడు అనేక అశాస్త్రీయమైన విషయాలను నమ్మాడు. కాంతియొక్క ఎక్కువ తక్కువలను కన్ను గమనించలేదని సులువుగా చెప్పెయ్యవచ్చు.

చీకట్లో మనకు ఆకాశంలో అనేక నక్షత్రాలు, బలహీనమైన కాంతిగలవి సయితం స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. పట్టపగలు కాంతివంతమైన నక్షత్రాలుకూడా కనబడవు – కాని అవి ఆకాశంలోనే ఉన్నాయని మనకు తెలుసు. అలాగే రాత్రిపూట మిణుగురు పురుగుల కాంతి కొట్టవచ్చినట్టు కనిపిస్తుంది, పట్టపగలు కనిపించనే కనిపించదు.

న్యూటన్‌కు పూర్వం శాస్త్రవేత్తలకు తెలిసినదల్లా కాంతికి సంబంధించిన రేఖాగణితం. ఉదాహరణకు : కాంతికిరణాలు సూటిగా ప్రసరిస్తాయి. మనం ఏదన్నా చూస్తున్నప్పుడు మన కంటికీ, చూసే వస్తువుకూ మధ్య ఏదన్నా అడ్డువస్తే పక్కకి తొలగుతాం. ఎండలో ఒక వస్తువును పట్టుకుంటే దాని నీడ ఆ వస్తువులాగే ఉంటుంది. కాంతికిరణాలు సూటిగా ప్రసరిస్తాయి గనక ఇలాటివి జరుగుతాయి. అలాగే మరొకసంగతి. కాంతికిరణాలు అద్దం, నీరు మొదలైన వాటిపై ప్రతిబింబించినప్పుడు ఏ కోణంలో ఆ అద్దాన్నీ, నీటినీ తాకుతాయో, అదే కోణంలో అద్దం వగైరాలనుంచి ప్రతిబింబిస్తాయి. ఉదాహరణకు అద్దంలో మనని మనం చూసుకోవాలంటే అద్దానికి ఎదురుగా నిలబడాలి. అప్పుడు మనపైనుంచి అద్దంమీద పడే కిరణాలు సమకోణంలో అద్దాన్ని తాకి వెళ్ళినదారినే తిరిగి వస్తాయి. అలాకాకుండా, సినిమాలలో కథానాయికనూ, అద్దంలో ఆమె ప్రతిబింబాన్నీ చూపాలన్నప్పుడు కామెరామాన్ కామెరాను తీసుకుపోయి సినిమాతార వెనక పెట్టడు; పెడితే కామెరాకూడా ఫొటోగ్రాఫ్ అయి అభాసవుతుంది. కామెరాను, అద్దానికి పక్కవాటంలో పెడతాడు. అద్దానికి ఇవతలివైపునుంచి కామెరా ఏ వాటంలో ఉంటుందో, అవతలివైపునుంచి సినిమాతార అదే వాటంలో ఉంటుంది. అప్పుడుగాని ఆమె ప్రతిబింబం కామెరాలో కనబడదు.

కాంతికిరణాలు వాటంతట అవి వంగకపోయినప్పటికీ నీటి నుంచి గాలికీ, గాలినుంచి నీటికీ ప్రసాదించినప్పుడు తప్పక వంగు తాయి. నీటిలో సగానికి ముంచిన వస్తువు నీటి మట్టం దగ్గిర విరిగి వంకరగా అతికించినట్టు కనిపిస్తుంది. బొక్కెనలో నీరు పోస్తే బొక్కెన అడుగుపైకి వచ్చినట్టు కనిపిస్తుంది. ఇలాటివన్నీ కాంతికి సంబంధించిన రేఖాగణితం క్రిందికి వస్తాయి.

న్యూటన్ చేసిన మొదటి ప్రయోగాలు నిజానికి అపూర్వ మైనవి కావు; ఆయన మూడుపలకలగాజు దిమ్మ (ప్రిజం)కుండా తెల్ల (సూర్య) కాంతిని ప్రసరింపజేసి, రెండోవైపున ఇంద్రధనుస్సు లోని రంగులకాంతి తెప్పించాడు. ఇది కొత్తసంగతి కాదు; అంతకు పూర్వం ఈ విషయం అనేకమంది చేసి చూసినదే. అయితే వారెవరూ గ్రహించలేకపోయిన విషయం న్యూటన్ గ్రహించాడు. తెల్ల కిరణాలు "ప్రిజం" లో నుంచి ప్రసరించి రంగుల కిరణాలై విసనకర్రలాగా విచ్చుకొంటాయని గమనించిన వారంతా అది "ప్రిజం" లో ఉన్న "నిస" అనుకున్నారు. న్యూటన్ అలా అనుకోలేదు; తెల్ల కిరణాలలో ఈ వివిధ రంగుల కిరణాలన్నీ కలగాపులగంగా కలిసిఉన్నాయనీ, "ప్రిజం" కుండా ప్రసరించే టప్పుడు అవి వేరు వేరు ప్రమాణాలలో వంగటంవల్ల వేరుపడి "విచ్చుకుని", దేనికారంగు తెలియవస్తున్నదని ఆయన ఊహించాడు. ఈ రంగు కిరణాలను తిరిగి మరొక "ప్రిజం" లో నుంచి ప్రసరింపజేసి మళ్ళా తెల్ల కిరణాలను ఆయన తెప్పించాడు.

న్యూటన్ ఇంకొక ప్రయోగంకూడా చేశాడు. "ప్రిజం"చేత వేరుచేయబడిన వేరువేరు రంగుల కిరణాలను, వేరువేరుగా మరొక ప్రిజంనుంచి ప్రసారంచేస్తే వాటిలో మార్పులేదు. ఒక ప్రిజంద్వారా సృష్టిఅయిన "ఎర్ర" కిరణాలుమాత్రం యింకో ప్రిజంనుంచి ప్రసరిస్తే "ఎర్ర" కిరణాలగానే ఉండిపోయాయి. ఎర్రకిరణాలనూ, ఆకుపచ్చ

కిరణాలనూ కలిపితే పసుపుపచ్చ కిరణాలు వచ్చాయి. ఊదారంగు కిరణాలనూ, ఆకుపచ్చ కిరణాలనూ కలిపితే నీలం కిరణాలు వచ్చాయి. అవి మిశ్రమవర్ణాల కిరణాల్లాగ కనపడనే లేదు.

తెల్లకాంతి అనేది అనేకరంగుల కిరణాల సమ్మేళనమేననీ, ఆ వివిధరంగుల కిరణాలను వేరుచెయ్యటమే "ప్రిజం" చేస్తున్న పని అనీ 1672 లో న్యూటన్ ప్రకటించాడు. కాంతినిగురించి ఒక్క విషయం స్పష్టీకరించబడింది: సృష్టిలో రంగుల కిరణాలు తప్ప తెల్లకిరణాలంటూ లేవు.

కిరణాలు తరంగాలా ? బాణాలా ?

ఇజాక్ న్యూటన్ సూర్యకాంతిలోని వేరువేరు రంగుల కిరణాలతో అనేక పరిశోధనలు చేశాడు. ఆయన ఒక గాజుపలక మీద లెన్సు (కటకం)ను పెట్టి దానిమీద కాంతిని ప్రసరించాడు. లెన్సు పైభాగం అంతటా కాంతి సమంగానే పడినా, అది దిగువ నున్న గాజుపలకనుంచి ప్రతిబింబితమైనప్పుడు చిత్రమైన మార్పుకు లోనయింది. ఆ కాంతి వలయాలుగా ఏర్పడింది. ఈ ప్రయోగమే రంగుకిరణాలతో చేస్తే, రంగుకాంతి వలయాలమధ్యస్పష్టమైన నల్లని (కాంతిలేని) వలయాలు కనిపించాయి. ఈ వలయాల నిడివి సమంగా ఉండదు. లెన్సు గాజు కాలవను అంటినచోట నల్లని వలయం ఉంటుంది. దానిచుట్టూ కాంతివలయమూ, దాని చుట్టూ తిరిగే కాంతిలేని వలయమూ, దానికింకా అవతల మళ్ళీ కాంతివలయమూ– ఈ విధంగా ఉంటుంది. కాంతివలయాల నిడివి దూరం వెళ్ళినకొద్దీ తగ్గుతుంది.

ఒక్కొక్కరంగు గల కాంతికీ యీ వలయాల నిడివి మారుతూంటుంది. ఈ వలయాలను "న్యూటన్ రింగు" లంటారు. వీటి సహాయంతో న్యూటన్ వేరువేరు రంగులుగల కిరణాల తాలూకు

"తరంగాల" నిడివిని కొలిచాడు. కాంతితరంగాలు చాలా సూక్ష్మమైనవి. అందుచేత వాటి నిడివిని మిల్లీమైక్రోన్లలో గుణిస్తారు. ఒక మిల్లీమైక్రోన్ అంటే ఒక సెంటిమీటర్‌లో కోటవవంతు. (అంగుళానికి రెండున్నర సెంటీమీటర్లు.)

ప్రిజం సహాయంతో విడగొట్టిన రంగులవరస "స్పెక్ట్రం" అంటారు. అందులో ఒక చివర ఎర్రకిరణా లుంటాయి. రెండో చివర ఊదారంగు కిరణాలుంటాయి. ఎర్రకాంతి తరంగాల నిడివి 700 మిల్లీమైక్రోన్లు. ఊదారంగు కాంతి తరంగాల నిడివి 400 మిల్లీమైక్రోన్లు. మన కంటికి కనిపించే కాంతి తరంగా లన్నిటిలోకి ఎర్ర కాంతి తరంగాలు పెద్దవి. ఊదారంగు కాంతి తరంగాలు చిన్నవి. మిగిలిన కనిపించే తరంగా లన్నిటి నిడివీ యీ రెంటికీ మధ్యగా ఉంటుంది.

1675 లో రోమర్ అనే ఆయన కాంతియొక్క వేగాన్ని మొట్టమొదటిసారిగా కనిపెట్టాడు. అది ఒక సెకండుకు సుమారు 1,86,000 మైళ్ళు. సూర్యుడు భూమికి 9 కోట్ల చిల్లరమైళ్ళ దూరాన ఉన్నాడు. సూర్యకాంతి భూమిని చేరటానికి సుమారు 8 నిమిషాలకాలం పడుతుంది.

కాంతియొక్క వేగం గురించి ముఖ్యంగా తెలుసుకోదగిన దేమంటే, గాలికూడా లేని శూన్యాకాశంలో అన్ని రంగుల కిరణాలూ ఒకే వేగంతో ప్రసరిస్తాయి. కాని నీరూ, గాజూ మొదలైన పదార్థాలలో ప్రవేశించినప్పుడు వేరువేరు రంగుల కిరణాలమధ్య వ్యత్యాసం ఏర్పడుతుంది. అందుచేతనే ప్రిజం యీ కిరణాలను వేరుచేయగలుగుతుంది. ఆకాశంలోని మబ్బులతాలూకు నీటికణాలు కూడా యిదేవిధంగా సూర్యకాంతిలోని రంగుకిరణాలను వేరు చేయగా ఇంద్రధనుస్సు ఏర్పడుతుంది. మనం నోట్లో నీరుపోసుకుని

తుంపరలు వచ్చేలాగు సూర్యుడికి ఎదురుగా ఊదినప్పుడుకూడా ఇంద్రధనుస్సు కనిపిస్తుంది.

ఇప్పుడు మనకు కాంతియొక్క వేగం తెలుసు. వేరువేరు రంగుల కిరణాలతాలూకు తరంగాలు ఎంతెంత నిడివిగలవో తెలుసు. కాంతియొక్క వేగాన్ని తరంగాల నిడివితో విభజించినట్టయితే, "కంపనం" తెలుస్తుంది – అంటే ఒక్క సెకండుకాలంలో ఒక రంగు కాంతియొక్క తరంగాలు ఎంతసంఖ్యలో ఉత్పత్తి అవుతాయో తెలుస్తుంది; ఎక్కువ నిడివిగల తరంగాలు తక్కువ తయారవుతాయి. తక్కువ నిడివిగలవి ఎక్కువ తయారవుతాయి.

కాంతివెంట శక్తి ఉన్నసంగతి అనాదిగా మనుష్యులకు తెలిసినదే. పగలు సూర్యుడు ప్రకాశించే టప్పుడు వాతావరణం వేడిగా ఉంటుంది, రాత్రివేళ చల్లబడుతుంది. లెన్సు సహాయంతో సూర్యకిరణాలు కేంద్రీకరించినట్టయితే అవి కాగితాలు మొదలైన వాటిని కాల్చెయ్యగలదని చాలామంది పిల్లలకు తెలుసు. సూర్య కిరణాల శక్తిని వినియోగించుకుని చెట్లు అనేక రసాయనిక సంయోగాలు సాధిస్తున్నాయి. థర్మామీటర్‌ను నీడనుంచి ఎండలోకి తెస్తే, అందులోని పాదరసం పైకెక్కుతుంది.

కంటికి కనిపించని కాంతికూడా ఉన్నదని మొట్టమొదటగా (1800 సంవత్సరంలో) రుజువుచేసినవాడు సర్ విలియం హెర్షెల్. సూర్యకిరణాల తాలూకు "స్పెక్ట్రం"లో ఒకచివర ఎర్రకాంతి, రెండవ చివర ఊదాకాంతి ఉంటుందని మనకు తెలుసు. ఎరుపుకు దిగువనూ, ఊదాకు ఎగువనూ అంధకారమే. హెర్షెల్ ఏంచేశాడంటే ఎరుపుకు దిగువను అంధకారంలో ఒక థర్మామీటర్ పెట్టాడు—పాదరసం జోరుగా ఎక్కసాగింది ! అంటే సూర్యకాంతి ఎరుపుతో ఆగిపోలేదు. దానికి దిగువను అదృశ్య కిరణాలున్నాయి !

హెర్షెల్ చాలా విచిత్రమైన వ్యక్తి. ఈయన జర్మనీలో పుట్టాడు. తండ్రిలాగే సైన్యంలోచేరి వాద్యబృందంలో ఓబో అనే వాద్యం వాయించేవాడు. రెండేళ్లు సైన్యంలో ఉండి చెప్పకుండా బ్రిటనుకు పారిపోయి, అక్కడ జంత్ర వాద్యగాడుగా పొట్టపోసు కుంటూ, విజ్ఞానసాధన చెయ్యసాగాడు. ఆయనకు ఖగోళ శాస్త్రం మీాద అభిరుచికలిగింది. డబ్బు పెట్టి టెలిస్కోప్ కొనలేక స్వంతంగా తయారుచేయ నారంభించాడు. కాలక్రమాన యీాయన ప్రపంచంలో ఎక్కడా లేనంత మంచి టెలిస్కోపులు చేశాడు. 1781 మార్చి 13 న ఈయన ఆకాశంలో యురేనస్ గ్రహాన్ని కనిపెట్టి అఖండఖ్యాతి గణించి సర్ బిరుదు సంపాదించుకున్నాడు.

ఎరుపుకు దిగువనున్నట్టే ఊదాకు ఎగువనుకూడా అదృశ్య కాంతి తరంగాలున్నాయని శాస్త్రజ్ఞులు కనిపెట్టారు. కంటికి కన బడే కాంతితరంగాలు నిలబడే అన్ని పరీక్షలకూ ఈ అదృశ్య తరంగాలు నిలబడతాయి! అందుచేత, వాటిని కాంతితరంగాలు కావనటానికి వీలులేదు.

అయితే కాంతినిగురించి శాస్త్రజ్ఞులకు ఒక విడని ధర్మ సందేహం పట్టుకున్నది; ఇంతకూ కాంతి తరంగాలేనా? తరంగాలే అయితే శూన్యంలో ఎలా ప్రయాణం చేస్తున్నాయి! అవి ప్రయా ణించటానికి ఏదైనా ఆధారం కావాలి! సూర్యుడికీ, మనకూ మధ్య శూన్యాకాశం తప్ప యింకేమీా లేదు.

శక్తిని దూరానికి పంపాలంటే దానిని ఒక వస్తువువెంట పంపటం ఒక పద్ధతి. ఆకాశాన ఎగిరే పక్షిని బాణంతోగాని, తుపాకి గుండుతోగాని కొట్టవచ్చు. బాణమూ, తుపాకిగుండూ శక్తిని వెంటబెట్టుకుపోతాయి. అలాకాక అలలద్వారాకూడా శక్తిని పంప వచ్చు. నీటిమధ్య రాయివేస్తే రాయితాలూకు శక్తి అలల (తరంగాల) రూపంలో నీరున్నంతమేర వ్యాపిస్తుంది. శబ్దం, గాలిలో

తరంగాలరూపాన ప్రసరిస్తుంది. గాలి తరంగాలకు అవాంతరం కల్పిస్తే చప్పుడు వినిపించదు. అవతలి గదిలో చప్పుడు జాస్తిగా ఉంటే మన గదితలుపులు మూసేసుకుంటాం. సూర్యుడి తాలూకు శక్తి మనకు బాణంలాగా చేరుతున్నదా? తరంగంలాగా చేరుతున్నదా?

బాణంలాగే చేరుతున్న దనుకునేటందుకే ఎక్కువ ఆధారం ఉంది. ఎందుకంటే, శూన్యంలో తరంగాలు పుట్టజాలవు. మన పూర్వీకులు కిరణాలను బాణాలుగానే పరిగణించా రనుకునేటందుకు ఆధారంఉంది. "శరః" అనే సంస్కృతంమాట బాణానికీ, కిరణానికీ కూడా వర్తిస్తుంది. "లూచ్" అనే రష్యన్‌మాటకు కూడా ఆ రెండర్థాలున్నాయి.

సర్ ఇజాక్ న్యూటన్ కాంతిని బాణాలలాంటిదిగానే భావన చేశాడు. అయితే దురదృష్టవశాత్తూ ఈ భావనకు వ్యతిరేకమైన సాక్ష్యం న్యూటన్ ప్రయోగాలలోనే గోచరించింది! కాంతి కిరణాలు అలలలాటివిగాక, బాణాలలాటివే అయితే న్యూటన్ చేసిన ప్రయోగంలో కాంతి వలయాలమధ్య చీకటివలయా లెందుకుండాలి? మనం నిశ్చలంగాఉండే నీటిలో ఒకచోట రాయివేస్తే, అది పడిన చోట ప్రారంభమై అలలు అన్నివేపులా వ్యాపిస్తాయి. అలలుగా ఏర్పడిన నీటిలో ఉచ్చనీచాలు (ఎత్తులూ, పల్లాలూ) ఉంటాయి. మాటవరసకి మనం నీటిలో రెండుచోట్ల రెండురాళ్లు వేశామనుకోండి. అప్పుడు రెండుచోట్లనుండీ అలలు విస్తరించుతాయి. ఈ అలలు ఒకదాని కొకటి తగిలినచోట మనం ఒక విచిత్రం గమనించుతాం. ఒకచోటినుంచి బయలుదేరిన అలలతాలూకు ఉచ్చాలూ, రెండవచోట బయలుదేరిన అలల నీచాలు కలిసిన మేరలలో నీరు కంపనం చెందదు — ఏ అలా లేనట్టే ఉంటుంది! అయినా అలల ప్రసారం సాగిపోతూనే ఉంటుంది. "న్యూటన్

రింగు" లలో నల్లని వలయాలు, కంపనంలేని మేరలు తప్ప మరొకటి కావటానికి వీలు లేదు. అంటే కాంతి ప్రసారం తరంగాల ద్వారానే సాగుతున్న దన్నమాట!

ఇంతకూ కాంతి బాణాలలాగా ప్రసార మవుతున్నదనిగాని తరంగాలుగా ప్రసారమవుతున్నదనిగాని ఖచ్చితంగా నిరూపించటానికి లేకపోయింది. తరంగాలకు వాహకం ఉండాలి గనకనూ, శూన్యాకాశంలో కాంతి ప్రసారమవుతున్నది గనకనూ న్యూటన్ కాంతికిరణాలు బాణాలలాటివని నమ్మాడు. న్యూటన్ రింగులు తరంగాలతోనేగాని సాధ్యంకావుగనక, ఇతరులు, కాంతి తరంగాల రూపం లోనే ప్రసారమవుతున్నదని నమ్మారు.

20 వ శతాబ్దం ఆరంభంలో "తరంగాల" సిద్ధాంతమే అమలులోకి వచ్చింది. ఈథర్ అనే పదార్థం సృష్టిలో సర్వవ్యాప్తంగా ఉన్నదనీ, కాంతి తరంగాలు ఈథర్ ద్వారా ప్రసారమవుతాయనీ సిద్ధాంతీకరించారు. ఈథర్ సృష్టిలో సర్వవ్యాప్తమైఉంటే భూమి మొదలైన గ్రహాలవేగం ఎంతకాలానికీ తగ్గదేమని న్యూటన్ అదివరకే అడిగాడు. ఈథర్‌కు పదార్థంతాలూకు లక్షణాలూ, శూన్యంతాలూకు లక్షణాలుకూడా ఉన్నాయన్నారు కొందరు శాస్త్రవేత్తలు. చివరకు ఈథర్ బ్రహ్మపదార్థంలాగా అవాఙ్మానసగోచరంగా తయారయింది! శాస్త్రజ్ఞులుకూడా అశాస్త్రీయంగా ఆలోచించగల రనటానికి ఈథర్ సిద్ధాంతం మంచి ఉదాహరణ.

అయితే తలవనితలంపుగా కొత్త పరిశోధనలు "తరంగాల" సిద్ధాంతాన్నే రుజువుచేస్తున్నట్టు కనిపించాయి. ఈ కొత్త పరిశోధన లేవంటే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలకు సంబంధించినవి. (వీటిని గురించి అదివరకే మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం) ఈ విద్యుదయస్కాంత (ఎలక్ట్రో మాగ్నెటిక్) తరంగాలు కాంతి వేగంతోనే (సెకండుకు 186 వేల మైళ్ళ చొప్పున) ప్రసారమవుతాయి. సిద్ధాంతరీత్యా

ఈ తరంగాలను ప్రతిపాదించినవాడు జేమ్స్‌క్లార్క్ మాక్స్‌వెల్. వీటిని ప్రయోగంద్వారా రుజువు చేసినవాడు ప్రొఫెసర్ హైన్‌రిక్ హెర్‌ట్జ్.

పి. ఎన్. లెబెడ్యేవ్ మొదలైన అనేకమంది పరిశోధకులు ఈ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలతో అనేక ప్రయోగాలు చేసి, కాంతి కిరణాలకుగల గుణాలన్నీ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలకున్నట్టు ఖచ్చితంగా రుజువుచేశారు. అంటే కాంతికూడా విద్యుదయస్కాంత ప్రసారమే నన్నమాట!

ఇది రుజువుకాగానే శాస్త్రజ్ఞులకు ఈథర్ బెడద ఒకటి వదిలింది. ఎందుకంటే విద్యుత్ప్రవాహమంటూ ఉన్నచోటనల్లా దాని చుట్టూ - పదార్థం ఉన్నా, లేకపోయినా - విద్యుత్క్షేత్రం ఉంటుంది. అందులో సంచలనం కలిగితే, చాలు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలుకూడా బయలుదేరుతాయి.

అయితే యీ విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సిద్ధాంతంతో "కాంతి అంటే ఏమిటి!" అన్న ప్రశ్నకు సమాధానం మరింత అయోమయంలో పడింది. ఎరుపుకాంతికి దిగువనూ, ఊదా కాంతికి ఎగువనూ అదృశ్యకిరణా లున్నాయనీ, వాటినికూడా కాంతికిందే జమచేయాలనీ శాస్త్రజ్ఞులు ఆమోదించారు. కాని యిప్పుడు విద్యుదయస్కాంత తరంగాలలో అనేకవందల మీటర్ల నిడివిగల రేడియో తరంగాలుకూడా ఉన్నాయి. కొద్ది మిల్లీమైక్రోన్ల నిడివిగల తరంగాలను కాంతి అనటానికి మనకు ఎంత అధికారం ఉందో, ఈ వందలాది మీటర్ల నిడివిగల రేడియో తరంగాలనుకూడా కాంతికింద జమచేయటానికి అంత అవకాశం ఉందన్నమాట!

అంతేగాక కాంతి ప్రసారం తరంగాలద్వారా సాగుతున్నదన్న విషయంకూడా నిర్ధారణ అయినట్టే కనబడింది. కాని ఇంతలోనే "తరంగాల" సిద్ధాంతానికి యింకోవైపునుంచి పెద్ద దెబ్బ తగిలింది.

పదార్థము - కాంతి

శక్తిని అలలద్వారా పంపకం చెయ్యటానికీ, బాణాల ద్వారా పంపకంచెయ్యటానికీ మధ్యగల ఒక తేడాను మనం స్పష్టంగా అర్థం చేసుకోవాలి. మనం నీటిలో రాయివేస్తే, రాయిపడినచోట బయలుదేరే అల చాలా బలంగా ఉంటుంది. అంటే, నీటిలో ఏర్పడే "ఉచ్చనీచలు" హెచ్చుగా ఉంటాయి. అల అన్నివైపులా విస్తరించి దూరం వెళ్ళినకొద్దీ ఈ ఉచ్చనీచలమధ్య వ్యత్యాసం తగ్గిపోతుంది.

ఈ విషయం మనం చాలా సులువుగా చూడవచ్చు. రాయి పడినచోట బయలుదేరే అల చాలాదూరం వెళ్ళిపోతుంది. అయితే ఆ వెళ్ళేది అలేతప్ప నీరుకాదు. అందుచేత నీటిమీద తేలే గడ్డిపరకలు మొదలైనవి అలయొక్క ఉచ్చ తమదాకా వచ్చినప్పుడు పైకిలేచి, నీచ రాగానే కిందికి దిగిపోతాయి. ఈ విధంగా ఆ పరకలు అలలు నిలిచిపోయినదాకా, పైకీ కిందికీ ఆడుతుంటాయి—అంతేగాని అలతోపాటు దూరం వెళ్ళవు. ఇలా నీటిమీద తేలే పదార్థం పైకి కిందికి ఆడటం, రాయి పడ్డచోటికి సమీపాన చాలా హెచ్చుగాను, దూరం పోయినకొద్దీ తక్కువగానూ ఉంటుంది.

దీనినిబట్టి అలలు దూరం వెళ్ళినకొద్దీ బలహీనపడతాయని తెలుసుకోవచ్చు. అయితే ఎంత బలహీనపడిన అలకూడా తన మార్గంలో తేలే ప్రతి నలుసునూ అంతో యింతో ఆడిస్తుంది.

ఇక బాణాలను తీసుకుందాం; అన్నివైపులకూ బాణాలు విసరగల యంత్రం ఒకటి ఉన్నదనుకుందాం. ఈ బాణాలు ఎంత

దూరం వెళ్ళినా ఒకే వేగంతో పోతాయి (మనం మామూలుగా వేసే బాణాలు వేగం తగ్గి పడిపోవటానికి కారణాలు గాలియొక్క ప్రతిఘటనా, భూమియొక్క ఆకర్షణా). అయితే వీటి శక్తిలో తగ్గుదల యింకోవిధంగా కలుగుతుంది. బాణాలు వదిలే యంత్రానికి దూరంగా వెళ్ళినకొద్దీ బాణానికీ బాణానికీ మధ్య ఉండే ఎడం జాస్తి అవుతుంది. చిన్న చిన్న వస్తువులనుయంత్రానికి చాలాదూరంలో ఉంచితే, వాటికి ఒక్కబాణమూ తగలకపోవచ్చు. అలలవిషయంలో యిది వర్తించదు.

ఇప్పుడు ఒక చిన్న ఉదాహరణ తీసుకుందాం. చీకటిలో ఒక చిన్నవత్తి దీపం ఉందనుకుందాం. దాని సమీపంలో ఒక వస్తువును ఉంచినట్టయితే, దీపం కిరణాలు దానిమీద పడి ఆ వస్తువు మనకు కనిపిస్తుంది. ఆ వస్తువును దీపానికి దూరం తీసుకుపోయిన కొద్దీ దానిపైనపడే కాంతి తగ్గుతుంది. దీపం తాలూకు కిరణాలు అలలలాంటివైతే కాంతి అలలు దూరం వెళ్ళినకొద్దీ బలహీనమవుతున్నాయనుకోవాలి; అవి బాణాలలాంటివైతే వస్తువును దూరం తీసుకుపోయినకొద్దీ దానిమీదపడే కాంతి కిరణాలసంఖ్య తగ్గుతున్నదనుకోవాలి.

ఇందులో ఏది నిజమన్నదే ప్రశ్న. ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం మన నిత్యజీవితంలోనే కనిపిస్తుంది. మనం బట్టలకు రంగు వేసినప్పుడు కొన్ని రంగులు వెలిసిపోతాయి. అలాంటి రంగులు సూర్యకాంతివల్ల రాసాయనికమైన మార్పులుచెంది విరిగిపోతాయి. బట్ట అంతా ఒక్కసారిగా ఎందుకు వెలవదు? కొంత రంగును "విరిచిన" సూర్యకాంతి మిగిలిన రంగును ఎందుకు "విరచదు?" రంగుతాలూకు అణువులు బట్ట అంతటా పరుచుకుని ఉంటాయి. అణువులలో హెచ్చుతగ్గు లేమీ ఉండవు. సూర్యకాంతి అలలరూపంలోనే వచ్చి ఆ అణువు లన్నింటినీ సమంగా తాకివుంటే

అన్ని అణువులూ రాసాయనికంగా మారవలసిందే. కాని అలా జరగటంలేదు. చాలా దూరంనుంచి వచ్చి తగిలే బాణాలలాగే సూర్యకిరణాలు కొన్ని రంగు అణువులనే తాకి "విరిచేస్తున్నాయి". మిగిలినవాటిలో కొన్ని మరికొంతకాలానికి కిరణాలకు గురి అవుతున్నాయి. అన్ని రంగు అణువులూ "విరిగి"పోవటానికి చాలా కాలం పడుతున్నది.

ఈ విషయాన్నే శాస్త్రవేత్తలు శాస్త్రీయంగా రుజువు చేశారు. బెర్లిన్‌కు చెందిన ప్రొఫెసర్ మాక్స్‌ప్లాంక్ అనే ఆయన "క్వాంటమ్" సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు (1900). మనం ఇంతకు ముందు అనుకున్న ఉదాహరణలో వత్తిదీపం తాలూకు కిరణాలు ఎంతదూరం వెళ్ళినా, వాటి శక్తి ఏమాత్రమూ తగ్గదు. కాని అవి పలచబడిపోతాయి; ఒక కిరణానికి మరొక కిరణం ఎడమవుతుంది.

ఇంతేకాదు. పదార్థంమీద కాంతి పడినప్పుడు, దాని తాలూకు శక్తిని పదార్థం చిన్న చిన్న "తునకలు"గా స్వీకరిస్తుంది. ఒక "తునక"కు తక్కువ స్వీకరించబడదు. ఆ "తునకే" క్వాంటమ్! పదార్థంలో అవిభాజ్యమైన అణువు లున్నట్టే, శక్తిలోకూడా అణురూపం ఉన్నదని ప్లాంక్ నిరూపించాడు.

పదార్థం తాలూకు అణువులన్నీ ఒకటి కాదు: నీటి అణువులు తేలిక, సీసం అణువులు బరువు; యురేనియం అణువులు ఇంకా బరువు. అలాగే "కాంతి తునకల" ప్రమాణంకూడా కిరణాల రంగునుబట్టి మారుతుంది. కాంతి కిరణాల "కంపనం" ఎంత హెచ్చితే "క్వాంటమ్" కూడా అంత హెచ్చుగా ఉంటుంది.

ఈ విషయాలు శాస్త్రీయంగా రుజువయేసరికి "అలల" సిద్ధాంతంతో పని తీరిపోయినట్టే కనిపించింది–కిరణాలకూ, బాణాలకూ

ఒకేమాట వాడినవాళ్ళు బొత్తిగా తెలివితక్కువవాళ్ళు కారని తేలి పోయింది. అయితే మరి "న్యూటన్ రింగులు" ఎలా ఏర్పడుతున్నట్టు? కాంతి "కణాలు" అలలలాగా ఎలా ప్రవర్తించ గలుగుతున్నాయి?

ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం రావటానికి చాలాకాలం పట్టింది. కాని చివరకు సమాధానం వచ్చింది. పదార్థంగురించీ, శక్తిని గురించీ 19 వ శతాబ్దంలో ఉండిన అభిప్రాయాలు పరిణామం చెందే దాకా ఈ సమాధానం లభ్యం కాలేదు.

పదార్థం యావత్తూ అణువులరూపంలో ఉంటుందనీ, అణువులలో ఒకేరకం పరమాణువులుగాని, రాసాయనిక సంయోగం చెందిన వేరు వేరు పరమాణువులుగాని ఉంటాయనీ, శక్తి అన్నది పదార్థాన్ని ఆశ్రయించి ఉంటుందనీ 19 వ శతాబ్దంలో శాస్త్రవేత్తలు భావించారు.

కాని, పరమాణువు అవిభాజ్యం కాదనీ, దానినికూడా "పగలగొట్ట" వచ్చుననీ, ఆ పరమాణువులలో ఎలెక్ట్రాన్లూ, ప్రోటాన్లూ, న్యూట్రాన్లూ ఉంటాయనీ రుజువుకాగానే, పదార్థం గురించి శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయాలు తారుమారయాయి. ప్రతి పదార్థంతాలూకు పరమాణువులలోనూ ఎలెక్ట్రాన్లున్నాయి. మరొకపంక ఈ ఎలెక్ట్రాన్ల ప్రవాహమే విద్యుచ్ఛక్తి అని రుజువయింది. ఎలెక్ట్రాన్లు విద్యుచ్ఛక్తి "కణాలు" కావటమేగాక, వాటి వెంబడి అయస్కాంత శక్తికూడా ఉంటున్నట్టు రుజువయింది. విద్యుత్ప్రవాహంలో ఎలెక్ట్రాన్లు ముందుకూ, వెనకకూ ప్రవహించి నప్పుడు రేడియో తరంగాలు ఉత్పత్తి అవుతున్నట్టు స్పష్టమయింది.

రేడియోతరంగాల లాంటివే కాంతి తరంగాలు కూడా. అవి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు! రేడియోతరంగాల తరవాత కంటికి కనబడని "ఇన్‌ఫ్రా రెడ్" తరంగాలు - ఎర్రరంగుకు దిగువ ఉండేవి - వస్తున్నాయి. వాటి తరువాత కంటికి కనబడని "అల్ట్రా

వయొలెట్" (ఊదాకు ఎగువగా ఉండేవి), ఆ తరవాత ఎక్స్ కిరణాలూ వస్తున్నాయి. రేడియో తరంగాలనుంచి ఎక్స్ కిరణాలకు వెళ్ళినకొద్దీ, తరంగాల నిడివి తగ్గి 'కంపనం' హెచ్చుతున్నది. అందుచేతనే ఎక్స్ కిరణాల శక్తి హెచ్చు. అవి ఇనుమువంటి బరువైన పదార్థాన్ని సయితం చాలా అంగుళాలమేర సులువుగా చొచ్చుకు పోతాయి.

ఇంతకు పూర్వమే మనం కాంతి కిరణాలు బాణాలలాంటివని రుజువైనట్టు చెప్పి, వివిధరకాల ప్రసారాన్ని తరంగాలని అంటున్నాం. దానికి సమర్థన ఏమంటే ఈ కిరణాలు బాణాలలాగానూ, తరంగాల లాగానూకూడా ఉండటమే. ఈ రెండు రూపాలలోనూ ఒకేసారి కాంతి ఎందుకుంటున్నదన్న విషయం శాస్త్రజ్ఞులు తెలుసుకోవటానికి ఉపకరించినది పరమాణువు అంతర్భాగానికి సంబంధించిన జ్ఞానం.

ఎందుకంటే పరమాణువు అంతర్భాగంలో జరిగే మార్పులను అనుసరించే ఈ రకరకాల కిరణాలు ఉత్పత్తి అవుతున్నాయి. పరమాణువు ఏకం, అవిభాజ్యం అనుకున్నంతకాలమూ కిరణాలు అర్థంకానేలేదు. పదార్థమూ, శక్తీ దేనికదిగా ఉండిపోయాయి.

మన ఊహలో పదార్థమంటే చలనంలేనిది, జడమైనది. కొండలు కదలవు; చెంబులూ, కుర్చీలూ, పెన్సిళ్ళూ నిశ్చలంగా ఉంటాయి. కాని పదార్థం తాలూకు "మూల పదార్థాలు" పరమాణువులూ, అందులోని ఎలెక్ట్రాన్లూ ఎన్నడూ నిశ్చలంగా లేవు. ఎలెక్ట్రాన్‌ను కాస్సేపు ఆపలేం! అణువులూ, పరమాణువులూ, ఎలెక్ట్రాన్లూ మొదలైనవి మనం 'పదార్థం' క్రింద గుర్తించగలం. కాని వాటి ప్రవాహానికి సూక్ష్మ పదార్థాలు అడ్డు తగిలినా, అవి సూక్ష్మమైన మార్గంగుండా పోవలసివచ్చినా, కిరణాలలాగే రింగులు (వలయాలు) ఏర్పడతాయని 20వ శతాబ్దంలో రుజువుచేయబడింది!

కాంతి కిరణాలను శక్తికింద జమచెయ్యాలో, పదార్థంకింద జమ చెయ్యాలో (అంటే తరంగాలుగా భావించాలో, బాణాలుగా పరిగణించాలో) తెలియక సతమతమయ్యే శాస్త్రజ్ఞులకు పెద్ద బెడద తీరిపోయినట్టయింది.

దీనినిబట్టి కాంతికీ, పదార్థానికీ తేడా లేదని భావించరాదు. పదార్థం అతి సూక్ష్మరూపంలో ఉన్నప్పుడు సృష్టించే తరంగాలకూ, కాంతి తరంగాలకూ చాల వ్యత్యాసా లున్నాయి. వాటికి సామ్యం ఉండటంమటుకే గమనించాలి. కాంతిని తరంగాలు అనుకున్నప్పుడు, అవి శబ్దతరంగాల లాటివనిగాని, నీటిలో తరంగాలలాటివనిగాని అనుకోరాదు. ఎందుకంటే ఈ తరంగాలు పదార్థం సహాయం లేకుండా ప్రసారం కావు. అలాగే కాంతి కిరణాలను పదార్థం అనుకున్నప్పుడు, మనంనిత్యం చూసే జడపదార్థమని అనుకోరాదు. కాంతి కిరణాలను అర్థం చేసుకునేటందుకు మన నిత్యజీవితానుభూతి చాలదు.

శాస్త్రజ్ఞులు పరమాణువు అంతర్భాగాన్ని ఛేదించి రకరకాల సూక్ష్మకణాలతో ప్రయోగాలు ఆరంభించినాక, ఏ కిరణాలను కాంతికింద జమకట్టాలో, దేన్ని పదార్థంకింద జమకట్టాలో తెలియక సతమతమైనారు. కేథోడ్ కిరణాల వెంట ఋణ విద్యుత్తు ఉండటంచేత అవి పదార్థంగా జమచేయబడ్డాయి. 1913 దాకా ఎక్స్‌కిరణాలు కాంతి కిరణాలలాటివని రుజువు కాలేదు; గామా కిరణాలకున్న సూక్ష్మమైన తరంగాలతో కూడుకున్న కాస్మిక్ కిరణాలు చాలకాలం కాంతికిరణాలవంటివేనని శాస్త్రజ్ఞులు అపోహపడ్డారు. ఈ అపోహకు ఒక కారణం కాస్మిక్ కిరణాల వేగం కాంతికిరణాల వేగానికి చాలా సన్నిహితంగా ఉండటమే.

ఇది ఇలా ఉండగా శక్తికి, పదార్థానికి గల తేడా క్రమంగా అంతర్థానం కాసాగింది. "పదార్థం ఘనీభవించిన శక్తి" అని

శాస్త్రజ్ఞులు ప్రవచించటమేగాక, అణుశక్తి ప్రయోగాలద్వారా రుజువుచేశారు. మామూలు బాంబులలోలాగా రాసాయనికమైన మార్పులేమీ రాకుండానే, అణువుబాంబులో పదార్థమే శక్తిగా మారుతుంది. అయితే శక్తిని పదార్థంగా మార్చవచ్చుననీ, అది సాధ్యమవుతుందనీ ఎవరూ కలలోకూడా భావించి ఉండలేదు. ఆ విషయం సిద్ధాంతీకరించినది బాడుదిరాక్ అనే గణితజ్ఞుడు. ఈ సిద్ధాంతాన్ని సోవియట్ శాస్త్రజ్ఞులు ప్రయోగంద్వారా రుజువుచేశారు. ఒక గామాకిరణాన్ని ఎలెక్ట్రాన్‌కిందా, పాజిట్రాన్ కిందా వారు విడగొట్టారు.

కాంతికి సంబంధించిన పరిశోధనలు ఇంకా ఎన్నో జరిగాయి. డాక్టర్ సి. వి. రామన్ "రామన్ ఎఫెక్ట్" కనిపెట్టి నోబుల్ బహుమానం పొందారు. అయితే, మైకేల్సన్, మోర్లీ అనే యిద్దరు శాస్త్రవేత్తలు ఒక విచిత్రమైన ప్రయోగంచేసి విఫలులైనారు. వారి ప్రయోగంనుంచి సాపేక్ష సిద్ధాంతం వెలువడింది. దాని ద్వారా ప్రొఫెసర్ ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టయిన్ జగద్విఖ్యాతి సంపాదించారు. మైకేల్సన్, మోర్లీలు చేసిన ప్రయోగం గురించి, సాపేక్ష సిద్ధాంతం గురించి తెలుసుకుందాం.

మహామేధావి ఐన్‌స్టయిన్

ఒకే వేగంతో ఈదగలవాళ్ళు ఇద్దరున్నా రనుకుందాం. అందులో ఒకడు నదికి ఒకమైలు ఎదురీది, తరవాత నది వాలున వెనక్కు ఈదుకుంటూ వచ్చాడు. రెండోవాడు నదికి అడ్డంగా ఒక మైలు ఈది మళ్ళీ అడ్డంగానే వచ్చాడు. ఈ ఇద్దరు ఈతగాళ్ళూ ఒకేచోటనుంచి ఒకే సమయంలో బయలుదేరితే, రెండోవాడికన్న మొదటివాడు కొంచెం ముందుగా గమ్యస్థానం చేరు కుంటాడని రుజువుచెయ్యవచ్చు. ఎందుకంటే నదియొక్క ప్రవాహం

మొదటి ఈతగాడికి మొదట ప్రతికూలంగా ఉండి, తిరుగు ప్రయాణంలో అనుకూలపడుతుంది; రెండోవాడికి రెండుసార్లూ అంతో ఇంతో ప్రతికూలంగానే ఉంటుంది. ఈ ఈతగాళ్ళిద్దరూ గమ్యస్థానాన్ని చేరుకోవటంలో తేడానూ, ఈతగాళ్లు చెరువులాంటి, కదలికలేని నీటిలో యీదే వేగాన్ని బట్టీ నదియొక్క వేగం తెలుసుకోవచ్చు.

ఈతగాడికి బదులు సూర్యకిరణాలనూ, నదికి బదులు భూమినీ తీసుకుందాం. భూమి ఆకాశంలో (సూర్యుడిచుట్టూ) అతి వేగంగా పోతున్నది. అందుచేత భూమిమీద ఒక కిరణాన్ని సూటిగానూ, మరొక కిరణాన్ని అడ్డంగానూ ఒకేకాలంలో పంపి అద్దాల సహాయంతో బయలుదేరిన చోటికి తెప్పించినట్టయితే ఈ రెండూ కొంచెం తేడాతో తిరిగిరావాలి. ఈ తేడానుబట్టి భూమియొక్క వేగాన్ని గుణించవచ్చు. ఈ ప్రయోగంకోసం అవసరమైన ఏర్పాట్లను డాక్టర్ ఆల్బర్టు మైకేల్సన్, డాక్టర్ ఎడ్వర్డు మోర్లీ అనే సుప్రసిద్ధ అమెరికన్ శాస్త్రవేత్తలు సిద్ధంచేశారు. రెండు కిరణాల రాకలో వుండే తేడా ఎంత సూక్ష్మమైనదైనప్పటికీ, దానిని పసికట్టటానికి తగుయేర్పాట్లు చేశారు. 1887 లో ప్రయోగం జరిగింది. కాని రెండు కిరణాలూ ఒకేసారి వచ్చాయి! సూటిగా వెళ్ళిన కిరణం గమ్యస్థానం చేరే సమయానికే, అడ్డంగా వెళ్ళిన కిరణం కూడా చేరుతున్నది!

ఈ ప్రయోగం విఫలం కావటం శాస్త్రజ్ఞులకే అవమానమైంది. చివరకు లారెంట్జ్, ఫిట్జిరాల్డ్ అనే శాస్త్రవేత్తలు ఒక విచిత్రమైన సిద్ధాంతం చేశారు.

"పదార్థానికి నియమిత ప్రమాణమంటూ లేదు. వేగంగా కదిలే పదార్థం, అది కదిలే దిక్కుగా సంకోచం పొందుతుంది."

పదార్థం తాలూకు పరమాణువులలో ఉండే ఎలెక్ట్రాన్ల తాలూకు విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంలో వేగం తెచ్చే మార్పులు గురించి, ఆ మార్పుల కారణంగానే పదార్థం సంకోచం పొందుతుందని లారెంట్జ్ చూపాడు. ఎలెక్ట్రాన్ వేగంతోపాటు దాని బరువు హెచ్చినట్టు కనబడుతుందని ప్రయోగంద్వారా రుజువయింది. ఈ ప్రయోగం లారెంట్జ్ సిద్ధాంతానికి చాల బలం ఇచ్చింది.

లారెంట్జ్ – ఫిట్జ్‌రాల్డ్ సిద్ధాంతం పదార్థం గురించీ, విశ్వం గురించీ శాస్త్రజ్ఞులకు గల భావాలను బాగా కెలికింది. అయితే ఆ భావాలను పూర్తిగా తారుమారుచేసినవాడు మహామేధావి ప్రొఫెసరు ఆల్బర్టు ఐన్‌స్టయిన్.

ఐన్‌స్టయిన్ 1879 లో జర్మనీలో ఉల్మ్ అనే గ్రామంలో జన్మించాడు. ఆయన తల్లిదండ్రులు జర్మను యూదులు. ఆయన స్కూలువిద్య మ్యూనిక్ నగరంలో సాగింది. తరువాత ఆయన స్విజర్లాండు వెళ్ళి, అక్కడ జూరిక్ నగరంలోని పోలీటెక్నిక్ స్కూలులో 1896 నుంచి 1900 దాకా గణిత శాస్త్రమూ, పదార్థ విజ్ఞాన శాస్త్రమూ (ఫిజిక్స్) అభ్యసించాడు. తరువాత ఆయన స్విజర్లాండ్ పౌరసత్వం సంపాదించుకున్నాడు. బెర్న్ (స్విజర్లాండ్) నగరంలోని పేటెంట్ ఆఫీసులో పేటెంట్ పరిశీలకుడి ఉద్యోగం ఖాళీ అయితే, 1902 లో ఐన్‌స్టయిన్ ఆ ఉద్యోగం సంపాదించి 1909 దాకా అందులోనే పనిచేశాడు. ఈ ఉద్యోగంలో ఉంటూనే ఆయన జూరిక్ విశ్వవిద్యాలయంవద్ద డాక్టరేట్ సంపాదించుకుని, అనేక పరిశోధక పత్రాలు ప్రచురించాడు. వీటిమూలంగానే ఆయనకు జగద్విఖ్యాతి లభించింది.

ఐన్‌స్టయిన్ ప్రతిపాదించిన సిద్ధాంతాలన్నింటిలోకి ప్రపంచ ప్రజను అమితంగా ఆకర్షించినది "సాపేక్ష" సిద్ధాంతం. దీన్ని

పూర్తిగా అర్థంచేసుకోగలిగినవారు ప్రపంచంలో 12 మంది మాత్రమే వుండినట్లు చెబుతారు. ఈ సిద్ధాంతం గురించి స్థూలంగా మనం ముందు తెలుసుకుందాం.

ఐన్‌స్టయిన్ తన "సాపేక్ష" వాదాన్ని ప్రతిపాదిస్తూ మొట్ట మొదటి పత్రాన్ని 1905 లో ప్రచురించాడు. అయితే ఐన్‌స్టయిన్ ఖ్యాతి యావత్తూ "సాపేక్ష" సిద్ధాంతంమూలంగానే వచ్చిందనుకో రాదు. ఆయన ఆ సిద్ధాంతం జోలి ఎత్తుకోకపోయినప్పటికీ, ఆయన పేరు మహా మేధావులైన శాస్త్రపరిశోధకుల జాబితాలో చేరి ఉండేదే ననుకోవటానికి ఏమాత్రమూ సందేహం అవసరం లేదు. కాంతిప్రసారం విషయంలో ఆయన "క్వాంటమ్" సిద్ధాంతాన్ని బలపరిచాడు. పదార్థాన్ని శక్తిగా మార్చవచ్చునని నిరూపిస్తూ మరొకపత్రం ప్రచురించాడు.

1909 కల్లా ఐన్‌స్టయిన్ ఖ్యాతి దశదిశలా వ్యాపించింది. ఇది చూసి జూరిక్ విశ్వవిద్యాలయంవారు ఆయనను ఒక ప్రత్యేక అధ్యాపకుడుగా నియమించారు. 1911 లో ప్రాగ్ (జెకోస్లావేకియా) నుంచి ఆయనకు పిలుపువచ్చింది. అక్కడ ఆయన ఒక ఏడాదిపాటు ఫిజిక్సు ప్రొఫెసర్‌గా పనిచేసి, తరువాత జూరిక్ తిరిగివచ్చి, తాను చదువుకున్న పోలీటెక్నిక్ స్కూలులోనే ఫిజిక్స్ ప్రొఫెసరుగా చేరాడు.

1913 నాటికి ఐన్‌స్టయిన్ ప్రపంచ శాస్త్రజ్ఞవర్గంలో అగ్రగణ్యుడుగా రూపొందాడు. అందుచేత బెర్లిన్ (జర్మనీ)లో ఆయన కోసం ఒక ప్రత్యేకపదవి సృష్టించి, కెయిజర్ నికెల్స్ ఇన్‌స్టిట్యూట్‌కు డైరెక్టరుగా వేశారు. దీనితోబాటు ఆయనకు ప్రష్యన్ వైజ్ఞానిక పరిషత్తులో సభ్యుడుగా చేర్చి మంచి రాబడి కలిగించి, ఆయన తన కాలం యావత్తూ శాస్త్రపరిశోధనలో గడిపేటందుకు తగిన వీలు కలిగించారు.

ఆయన 1915 లో బెర్లిన్‌లోవుండి రెండవ సాపేక్షసిద్ధాంతం ప్రచురించాడు. దీనికి ఆయన "విస్తృత సాపేక్ష సిద్ధాంతం" అని పేరు పెట్టాడు. ఈ సిద్ధాంతంతోనే ఐన్‌స్టయిన్ పేరు పండితలోకం లోనే గాక, పామర లోకంలోకికూడా పాకింది. ఈ సిద్ధాంతాన్ని విపులీకరిస్తూ ఆయన ఎవరూ ఊహించలేని, నమ్మలేని, గమనించని విషయం చెప్పాడు; దూరపు నక్షత్రాలనుండి వచ్చే కిరణాలు సూర్యమండలం సమీపంగా వచ్చేటప్పుడు వంగుతాయన్నాడు. ఇది సులువుగా రుజువయే విషయం కాదు. ఎందుచేతనంటే సూర్యుడి దరిదాపులో నక్షత్రమనేది కనిపించటం జరగదు. కాని, సూర్యగ్రహణ సమయంలో జరుగుతుంది. కాని 1915 నాటికి మొదటి ప్రపంచయుద్ధం సాగుతోంది. ఐన్‌స్టయిన్ చెప్పినది నిజమో, కాదో చూడటానికి శాస్త్రజ్ఞులకు 1919 దాకా – యుద్ధం ముగిసిన దాకా – పడలేదు. 1919 మే 29 న సూర్యగ్రహణం సంభవించింది. సూర్యగ్రహణం తాలూకు ఫొటోలు తీసుకురావటానికి బ్రిటన్‌నుండి రెండుజట్లు, ఒకటి బ్రెజిల్‌కూ, రెండవది ఆఫ్రికా పశ్చిమ తీరాన ఒక దీవికీ బయలుదేరాయి. వాటిలో ఎడింగ్టన్, క్రాంప్లిన్, డేవిడ్సన్, కాటింగ్‌హామ్‌లాటి ప్రసిద్ధ ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞులున్నారు. గ్రహణం పట్టిన సూర్యుడి సామీప్యంలోగల నక్షత్రాలను ఫొటోగ్రాఫ్ చేశారు. అవే నక్షత్రాలను రాత్రివేళ తీసిన ఫొటోలతో పోలిస్తే, ఆ నక్షత్రాల స్థానాలు మారి ఉన్నాయి. ఐన్‌స్టయిన్ చెప్పినది అక్షరాలా రుజువయింది! సూర్యుడి సమీపంగా వచ్చే నక్షత్ర కిరణాలు వంగాయి! ఈ విషయమే 1922 లో సూర్యగ్రహణ మప్పుడు మరింత బాగా రుజువు చేయబడింది.

ఐన్‌స్టయిన్‌కు ఎన్నో గౌరవాలు, ఎన్నో పతకాలు, గౌరవ బిరుదాలు! 1921 లో ఆయనకు నోబెల్ బహుమానం లభిం

చింది. 1925 లో (బ్రిటిష్) రాయల్ సొసైటీవారు కాప్లీ మెడల్ ఇచ్చారు. 1926 లో రాయల్ ఆస్ట్రొనామికల్ సొసైటీవారు బంగారుపతకం ఇచ్చారు. జనీవా, మాంచెస్టర్, ప్రిన్స్‌టన్ వగైరా విశ్వవిద్యాలయాలు ఎన్నో గౌరవపట్టాలిచ్చాయి.

1929 లో ఐన్‌స్టయిన్ "యూనిఫైడ్ ఫీల్డ్ థియరీ" అనేది ప్రచురించాడు. గురుత్వాకర్షణకు చెందిన గణితసూత్రాలూ, విద్యుదయస్కాంత గణిత సూత్రాలుకూడా ఈ థియరీనుంచి సాధించటానికి అవకాశం ఉండాలని ఐన్‌స్టయిన్ ఆశయం. ఈ సిద్ధాంతం బెర్లిన్‌లో ప్రచురణ కాగానే, మామూలుజనం వీధులలో ఎగబడి కొనేశారు. వారికి అందులో ఒక్క ముక్కకూడా అర్థమయే అవకాశం లేదు. అయినా అది వారిని బాధించలేదు. ఒక న్యూయార్క్ పత్రిక ఈ సిద్ధాంతం కాపీని రేడియో టెలిఫోటో ద్వారా తెప్పించి మొదటి పేజీలో అచ్చువేసింది.

ఇంతలో జర్మనీలో సామ్రాజ్యవాదం వెర్రితలలువేసి ఫాసిజం రూపంలో విజృంభించింది. ప్రజలకూ సంస్కృతికీ శత్రువులైనవారు ప్రపంచాధిపత్యంకోసం పడగలెత్తారు. జర్మనీలో యూదులవేట ఆరంభమైంది.

1936 లో అమెరికాలోని ప్రిన్‌స్టన్ విశ్వ విద్యాలయం ఐన్‌స్టయిన్‌కు ఆశ్రయం యివ్వటమేగాక, ఆయనకు పనిచేసుకొనేటందుకు పూర్తి సౌకర్యాలూ, స్వాతంత్ర్యమూ ఇచ్చింది. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధంలో జర్మనీ, నాజీలూ అంతమైనప్పటికీ, వారి తాలూకు పిశాచాలు అమెరికామీద వాలాయి. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం ముగిసీ ముగయకుండానే అమెరికావారు తలపెట్టిన మూడవ ప్రపంచయుద్ధం గురించి ఐన్‌స్టయిన్ తన అసమ్మతిని తీవ్రంగా వ్యక్తంచేశాడు. అణ్వాస్త్రాల ప్రయోగాన్ని, ప్రత్యేకించి

హైడ్రోజెన్ బాంబులవల్ల నష్టంగురించి ఆయన ఎలుగెత్తి చెప్పాడు. ప్రపంచ శాంతిఉద్యమాన్ని ఆయన గట్టిగాబలపరిచాడు. అమెరికా లోని యుద్ధోన్మాదులు ఆయన గొంతు ప్రపంచానికి వినిపించకుండా చేయలేకపోయారు. ఈయన ఏడాదిక్రితం అమెరికాలో మరణించాడు.

దూరమూ, కాలమూ

కాంతియొక్క వేగం సహాయంతో భూమియొక్క వేగాన్ని అంచనా కట్టటానికి మైకేల్సన్, మోర్లీలు చేసిన ప్రయోగం విఫలం కావటానికి ఫిట్జిరాల్డ్ చెప్పిన కారణం వేగంగా కదలే వస్తువులు కదిలే వేపుగా సంకోచం పొందుతాయని. ఈ సిద్ధాంతాన్ని ఐన్‌స్టయిన్ ఆమోదించటమే గాక, విశ్వమంతటినీ అవగాహన చేసే సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపాదించాడు. సాపేక్ష సిద్ధాంతంయొక్క సారం ఏమంటే, గమనించేవాడి దృష్ట్యా మాత్రమే ఏ కదలిక అయినా తెలుస్తుంది. అంటే కదిలే దానితో బాటు గమనించేవాడుకూడా కదులుతుంటే ఆ కదలికను వాడు గమనించ లేడు.

ఇది మనకు నిత్యజీవితంలో అనుభవమే. చిన్న పిల్లలు చంద్రుడిమీదిగా పరిగెత్తే మబ్బులకేసి చూస్తూ క్షణంసేపు చంద్రుడే పరుగెడుతున్నాడనుకుంటారు. భూమిమీద వస్తువులనూ, చంద్రుణ్ణీ కలిపి చూస్తేనేగాని ఈ భ్రమ పోదు.

అలాగే మనం భూమిమీద వుండి భూమితోపాటు గుండ్రంగా తిరుగుతున్నాం. ఆకాశంలో పోతున్నాం. కాని ఈ రెండు కదలికలూ మనకు తెలీదు. మనం గమనించగలదల్లా సూర్యుడు రోజూ ఉదయించి అస్తమించటమూ, ఏడాది కొకసారి ఉత్తరంనుంచి దక్షిణానికీ, దక్షిణం నుంచి ఉత్తరానికీ మారటమూనూ.

మార్పునుబట్టే మనం కదలికను తెలుసుకుంటాం. మార్పు సాపేక్షికం. బెజవాడలో ఆగిన పాసింజరు పెట్టెలో కిటికీవద్ద ఆను

కుని పడుకుని వున్న ఆసామీ, పక్క పట్టాలమీద నిలబడివున్న గూడ్సువాగన్‌లకేసి చూస్తూండగా అవి ముందుకు కదులుతాయి; తా నెక్కిన బండి మళ్ళీ వెనక్కి పోతున్నదనుకుని ఆసామీ ఉలికిపడి లేచి కూచుంటాడు...బొంబాయిలో లోకల్ రైళ్ళలో ప్రయాణం చేసేవారికి కొన్ని ప్రాంతాలలో ఒక విచిత్రమైన అనుభవం కలుగుతుంది. రెండుబళ్లు పక్కపక్క పట్టాలమీద ఒకే వేగాన — దాదాపు 40 మైళ్ళ వేగాన — కలిసి పరిగెత్తుతాయి. అటువంటప్పుడు ఒక బండిలోవున్న వాళ్ళు రెండో బండిలో వుండే మిత్రులతో సుఖంగా మాట్లాడుకుంటారు, తమ పెట్టెలో వున్న వాళ్ళతోలాగే. ఆ రెండు రైళ్లు నిలబడివుంటే ఎంతో, సమ వేగంతో కదులుతున్నా అంతే...ఈ రైళ్ళ ఉదాహరణకు మరొకసారి వస్తాం.

కదలే వస్తువు కదిలేవేపుగా సంకోచం పొందుతుందని ఐన్‌స్టయిన్ ఆమోదించాడు. అంటే ఒక గుండ్రని వస్తువు అతివేగంగా కదులుతున్నప్పుడు దాని ఆకారం కోడిగుడ్డులాగా మారుతుందన్న మాట. అయితే ఈ సంకోచం చాలా సూక్ష్మమైనది – 50 మైళ్ళ వేగాన వెళ్లే కారు నిడివి పరమాణువులోని కేంద్రమంత మాత్రమే తగ్గుతుంది. ఈ తగ్గుదల (సంకోచం) లెక్కలోకి తీసుకోదగిన ప్రమాణంలో వుండాలంటే, కదిలేవస్తువు తాలూకు వేగం, కాంతియొక్క వేగం (1 సెకండుకు 186,000 మైళ్ళు)తో పోల్చదగి వుండాలి. కాంతియొక్క వేగంలో సగం వేగంతో కదిలేవస్తువుయొక్క నిడివి నూరింట 14 వంతులు తగ్గుతుంది.

ఈ తగ్గుదలను ఊహించటం కష్టం. మాటవరసకు భూమి మీద నుంచి చంద్రమండలానికి ఒక రాకెట్ ప్రయాణమై కాంతి వేగంలో నూరింట 90 వంతుల వేగంతో పోతున్నదనుకుందాం. ఆ రాకెట్ నిడివి 100 గజాలున్నదనుకుందాం. దాని వేగం

పరిశీలించగలవాడికి దాని నిడివి 55 గజాలుమాత్రమే ఉంటుంది. అయితే ఆ రాకెట్‌లో ప్రయాణం చేస్తున్నవాడు ఒక గజంబద్ద తీసుకుని రాకెట్‌ను పోతుండగానే కొలిస్తే నూరు గజాలు ఉంటుంది. దాన్ని బట్టి ఏమనుకోవాలి? గజం బద్దకూడా రాకెట్ వేగంతోనే పోతున్నది. కనక అదికూడా నూరింట 55 వంతుల ప్రమాణానికి సంకోచంపొందిం దనుకోవాలి. ఈ సంకోచం వస్తువులో స్వత స్సిద్ధంగాజరిగే సంకోచం కాదనీ, కదలిక మూలంగా స్థలమే సంకోచం పొందుతున్న దనుకోమనీ ఐన్‌స్టయిన్ అన్నాడు. స్థలమే సంకోచం పొందితే, అందులోవున్న పదార్థమంతా విధిగా సంకోచం పొందుతుంది. దీనికి మంచి ఉదాహరణ మన పిల్లలు ఆడుకునే బెలూన్లు. కొన్ని బెలూన్లమీద మనుషుల బొమ్మలూ, జంతువుల బొమ్మలూ వేసి ఉంటాయి. వాటిని చూసి పిల్లలు ఆనందంతో కొంటారు. తరువాత బెలూన్‌లో గాలి కాస్తా పోతుంది. వెంటనే బొమ్మలన్నీ సంకోచం పొందుతాయి.

వేగంవల్ల ఏర్పడే ఈ సంకోచం, కాలంలోకూడా జరుగుతుందని ఐన్‌స్టయిన్ ప్రతిపాదించాడు. కాలంలో జరిగే ఈ సంకోచం ఎలా వుంటుందో చూపటానికి శాస్త్రజ్ఞులొక ఉదాహరణ చెబుతారు. సూర్యకుటుంబానికి సిరియస్ అనే నక్షత్రం అట్టే దూరంలో లేదు. దానినుంచి కాంతి మనకు చేరటానికి 9 ఏళ్ళు మాత్రమే పడుతుంది. (ఇది వేళాకోళం కాదు. ఎందుచేతనంటే సూర్యుడికి అత్యంత సమీపంలో వున్న నక్షత్రంనుంచి మన దగ్గరికి కాంతి రావటానికే సుమారు నాలుగున్నర ఏళ్ళు పడుతుంది. అనేకకోట్ల సంవత్సరాలు ప్రయాణంచేసి మనకు చేరుతున్న నక్షత్ర కాంతికూడా ఉంది!) ఈ సిరియస్ చుట్టూ తిరిగే ఒక గ్రహానికి, భూమినుంచి ఒక మనిషి ఇంచుమించు కాంతివేగంతో బయలు దేరా డనుకుందాం. మన కాలమానం ప్రకారం ఈ పెద్దమనిషి తన

గమ్యస్థానం చేరి, కాళ్లుకూడా కదుక్కోకుండా మళ్ళీ వెంటనే బయలుదేరి భూమికి వచ్చినా 18 ఏళ్ళ ప్రయాణం. ఈ కాలంలో రోజుకు అధమం రెండు భోజనాలే చేసినా 13,140 భోజనాలకు సరిపడే ఆహారం వెంటబెట్టుకుపోవాలని అనుకుంటాంగదా. కాని కాంతియొక్క వేగంతో కదిలే ఆ పెద్దమనిషి కాలమాన ప్రకారం భోంచేసి బయలుదేరి, మరొక్క భోజనం వెంటపెట్టుకుపోతే చాలు, గమ్యస్థానం చేరేసరికి ఆ రెండో భోజనానికి వేళ అవుతుంది. అతను భోజనం చేసుకుని మళ్ళీ భూమికి తిరిగి వచ్చెయ్యవచ్చు. భూమి చేరేదాకా అతనికి మళ్ళీ భోజనంవేళ కాదు.

వెనకటికి బ్రహ్మదేవుడు బహిర్దేశానికి పోతుంటే ఎవరో ఆపి "ఏమయ్యోయ్ నీకు మనవడు పుట్టాడు" అన్నారట. "ఇదిగో మళ్ళీ వచ్చి జాతకం రాస్తా!" అని బ్రహ్మ వెళ్ళాట్ట. బ్రహ్మ తిరిగి వచ్చి "ఏడీ నా మనవడు?" అంటే, "వాణ్ణి అయోధ్యరాముడు అప్పుడే చంపివేశాడుగా!" అన్నారట. బ్రహ్మాండంలో బ్రహ్మ దేవుడు ఏ మూలకు వెళ్ళివచ్చాడో మనకైతే తెలీదుగాని, ఆయన కాలమానం చూస్తే వెలుతురుకన్న ఎన్నోరెట్లు వేగంగా కదిలే ఘటంగా కనిపిస్తాడు. నిజానికి సృష్టిలో వెలుతురుకన్న వేగంగా కదలగలపదార్థం లేదు. ఇదీ సిద్ధాంతం.

దూరానికీ, కాలానికీ నిర్ణీతమైన కొలతలు లేవని, అవి కొలిచేవాడిని బట్టీ, కొలవబడే వస్తువుయొక్క కదలికను బట్టీ, లేదా కొలిచేవాడి కదలికను బట్టీ మారతాయని ఐన్‌స్టయిన్ ప్రతిపాదించాడు.

లోగడ శాస్త్రజ్ఞులు ఇలాటి విశ్వాసాన్ని భావనచేసి ఉండ లేదు. వాళ్ళు సృష్టిలో సమరేఖలకూ, సమతలాలకూ, సూటి దూరాలకూ, నిర్దిష్టకాల, దూరప్రమాణాలకూ ఆస్కారం ఉన్న దనుకున్నారు. అటువంటి భ్రాంతికి ఏమాత్రం ఆస్కారం లేదని

ఐన్‌స్టయిన్ స్పష్టంచేశాడు. మనం ఒక సమరేఖను గీయవచ్చు. కాని విశ్వమే వొంపుతిరిగి వుంటే, మనం గీసిన సమరేఖ వాలుగీత అవుతుంది; సముద్రం మీద ఒక స్టీమరు సూటిగానే పోయిందను కుందాం. భూభాగం సమతలంగా ఉన్నట్టయితే ఆ స్టీమరు వెళ్ళిన మార్గం సమరేఖే అవుతుంది. కాని భూభాగం వంపుతిరిగి ఉన్నది. అమెరికానుంచి చైనా తీరానికి గ్లోబ్ మీద ఒక సూటిగీత గీస్తే అది అర్ధచంద్రాకారంలో వంగి ఉంటుంది.

అలాగే విశ్వమంతటా "స్థలం" వంపుతిరిగి వున్నది. భూమి మీద సూటిగా బయలుదేరినవాడు, కాలక్రమాన తాను బయలు దేరిన చోటికే వచ్చిన విధంగా, ఆకాశంలోకి సూటిగా బయలు దేరినవాడుకూడా కొన్ని అర్బుదాల ఏళ్లు గడిచాక వచ్చిన చోటికే వస్తాడు. వంపు తిరిగిన ఆకాశంలో గ్రహాలవంటివి సూటిగా పోవాలని ప్రయత్నించిన ఫలితంగా వాటి మార్గాలు కోడిగుడ్డు ఆకారాన్ని దాల్చుతున్నాయి అన్నాడు ఐన్‌స్టయిన్. సూర్యుడులాంటి బరువైన గోళాల చుట్టూ "స్థలం" కేంద్రీకరించు కుని ఉన్నది. అందుచేతనే సూర్యుడికి దగ్గరగావచ్చే నక్షత్ర కిరణాలు వంగుతాయి.

సూర్యుడు భారమైన గోళం. అది మన భూమినీ, ఇతర గ్రహాలనూ ఆకర్షిస్తున్నది. ఈ ఆకర్షణను గురుత్వాకర్షణ అంటారు. భూమికూడా వస్తువులను ఆకర్షిస్తుంది. మనం రాతిని గాలిలోకి విసిరివేస్తే అది ఒకచోట ఆగి, మళ్ళీ భూమికేసి క్షణ క్షణమూ హెచ్చే వేగంతో వస్తుంది. పరిశీలకుడి దృక్పథంనుంచి వేగంయొక్క క్రమమైన హెచ్చింపుకూ, గురుత్వాకర్షణకూ తేడా తెలియదన్నాడు ఐన్‌స్టయిన్. రాతిమీద భూమియొక్క గురుత్వా కర్షణ ఉన్నా, భూమి రాతికేసి క్షణక్షణానికీ హెచ్చే వేగంతో లేచినా ఫలితం ఒకటే.

ఇంతేకాక, గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రంలో దూరమూ, కాలమూ మార్పుకు గురి అవుతాయన్నాడు ఐన్‌స్టయిన్.

అన్నిటికన్న, ఐన్‌స్టయిన్ చేసిన విచిత్రమైన సిద్ధాంతం ఏమంటే దూరానికీ, కాలానికీ అవినాభావ సంబంధ మున్నదనీ, కాలంకూడా దూరంలాగే విశ్వంయొక్క కొలతలలో ఒకటి అనీనూ!

నాలుగు కొలతల విశ్వం

మనం సృష్టిని మూడు కొలతలుగలదాన్నిగా గ్రహించటానికి అలవాటుపడ్డాం. ప్రతి వాస్తవపదార్థానికీ మూడు కొలతలు–పొడుగూ, వెడల్పూ, ఎత్తూ – ఉంటాయి. మనం ఒక్కొక్కప్పుడు వస్తువుల తాలూకు ఒకే కొలతనుగురించి మాట్లాడతాం. "ఫలాని బస్తీనుంచి ఫలాని పాలెంకు రెండున్నర మైళ్ళు" అంటాం. "నా చొక్కాకు రెండున్నర గజాల గుడ్డ చాలు" అంటాం. "రెండు ఇటుకల మందంగోడ" అంటాం. కాని, మిగిలిన కొలతలతో మనకు పనిలేక ఒకే కొలతగురించి మాట్లాడుతున్నాంగాని బస్తీనుంచి పాలెం వెళ్ళేరోడ్డుకూ, చొక్కాగుడ్డకూ, గోడకూ యితర కొలతలు లేక కాదు. అట్లాగే, "ఈ చేను నాలుగు కుంటలు" అన్నప్పుడు పొలంయొక్క వైశాల్యంగురించే మాట్లాడతాం. కాని, పొలానికి వైశాల్యమేగాక లోతుకూడా ఉంటుంది; లేకపోతే పొలం దున్నేదెట్లా? అట్లాగే చిత్రకారుడు మూడు కొలతల వస్తువులను–మనుషులూ, ఇళ్ళూ, చెట్లూ మొదలైనవాటిని – రెండు కొలతలు మాత్రమేగల చిత్రంలో చిత్రిస్తాడు. చిత్తరువుకు నిడివీ, వెడల్పూ మాత్రమే ఉన్నాయి...కాని దాన్ని చిత్రించిన కాగితానికీ, లేక కేన్వాసుకు మందంకూడా ఉంది.

దీన్నిబట్టి వాస్తవ జగత్తుకు మూడు కొలతలున్నట్టు స్పష్టమవుతుంది. కాని ఐన్‌స్టయిన్ విశ్వానికీ, విశ్వంలోగల ప్రతి వస్తు

వుకూ నాలుగు కొలత లున్నట్టు పరిగణించమన్నాడు. పొడుగూ, వెడల్పూ, ఎత్తూ మూడుకొలత లయితే, నాలుగో కొలత కాలం.

అడుగులలోనో, అంగుళాలలోనో, మైళ్ళలోనో, ఘన్లాం గులలోనో కొలవదగిన కొలతలతో ఏళ్ళూ, నెలలూ, రోజులూ, గంటలూ, నిమిషాలూ, సెకండ్లూ మొదలైన మానాలతో కొలిచే కాలాన్ని ఎందుకు జతచేయటం? ఎట్లు జతచేయటం? ఈ రెండు ప్రశ్నలకూ మనం సులువుగా సమాధానం తెలుసుకోవచ్చు.

మొదటి ప్రశ్న: దూరంలో కాలాన్ని జతచేయటం దేనికి? మూడు కొలతలూ లేని వస్తువు యథార్థమైనది కాదనీ, యథార్థ మైన ప్రతి వస్తువుకూ మూడు కొలత లుండాలనీ ఇప్పుడే అను కొన్నాంగదా! కొంచెం ఆలోచిస్తే, ప్రతి యథార్థవస్తువుకూ నాలుగో కొలతకూడా ఉండితీరాలని మనం తెలుసుకోవచ్చు. ఈ క్రింది ఉదాహరణ తీసుకోండి.

గణితశాస్త్రంలో బిందువు (పాయింటు)కు ఏ కొలతలూ లేవని చెబుతారు. వాస్తవప్రపంచంలోకల్లా అత్యంత సూక్ష్మమైన పరమాణువుకూ, అందులోని సూక్ష్మాతిసూక్ష్మమైన ఎలెక్ట్రాన్‌కూ కూడా కొలత లున్నాయి. కనుక గణితశాస్త్రజ్ఞులు బిందువు అని చెప్పేది అవాస్తవికమైనది. అలాగే రేఖకు నిడివేతప్ప మందం లేదంటారు. అదీ అవాస్తవికమైనదే. అదే వాదనప్రకారం మూడు కొలతలూ ఉన్న వస్తువుకు కాలంలో ఉనికి లేదనుకోండి; అది అవాస్తవికమైన వస్తువే. ఏ వస్తువునైనా ఒక అరసెకండో, అయిదు నిమిషాలో, అయిదు శతాబ్దాలో ఉంటేనే దాన్ని వాస్తవమైన వస్తువుగా మనం గుర్తించగలుగుతాం. అందుచేత సృష్టిలో ప్రతిదీ నాలుగు కొలతలు కలది; ఆ నాలుగు కొలతలలో ఒకటి కాలం.

ఇక రెండవప్రశ్న: కాలాన్ని ఇతర కొలతలతో జత చేయటం ఎట్లా? దూరం విషయంలో మనం ఈ పని సులువుగానే

చేస్తున్నాం. పూర్వకాలంలో ఫలాని ఊరినుంచి ఫలాని ఊరికి ఇన్ని గడియల ప్రయాణం అనేవారు. ఆ రోజుల్లో బళ్ళనడకా, కాలి నడకా ప్రయాణాలుగా పెట్టుకుని దూరాన్ని కాలంలో చెప్పుకునే వారు. ఈ రోజుల్లో మనం రైళ్ళ నడకను మనసులో పెట్టుకుని మద్రాసునుంచి బెజవాడకు 10 గంటల ప్రయాణమని చెప్పుకుంటాం. ఖగోళ శాస్త్రజ్ఞులు వివిధ నక్షత్రాల దూరాలను మైళ్ళలో చెప్పరు: "కాంతి సంవత్సరాల"లో చెబుతారు. ఒక కాంతి సంవత్సర మంటే, ఒక సెకండుకు 1,86,000 మైళ్ళ వేగాన కాంతి ఒక సంవత్సరకాలంలో ప్రయాణించే దూరమన్నమాట! ఈ విధంగా దూరాన్ని కాలమానంలోకి మార్చటానికి ఆధారం, సృష్టిలోకల్లా వేగవంతమైన కాంతియొక్క వేగం.

(నిజానికి చిన్న చిన్న కొలతలను - మనిషి ఎత్తు, గది వెడల్పు, పుస్తకంమందం మొదలైనవాటిని - కాలమానంలో చెప్పటానికి లేదు. కాని ఐన్‌స్టయిన్ ప్రతిపాదించిన "దూర - కాల" సిద్ధాంతాలు విశ్వ ప్రమాణాలకు చెందినవి).

నాలుగు కొలతలుగల విశ్వంలో వేర్వేరు సంఘటనలమధ్య దూరాన్నీ, కాలవ్యవధినీ ఒకే సూత్రంలో చెప్పటానికి ఐన్‌స్టయిన్ ఒక విధానం కనిపెట్టాడు. నిత్య జీవితంలో మనం సంఘటనలమధ్య గల దూరాన్నీ, కాలవ్యవధినీ వేర్వేరుగా చెప్పుకుంటాం. ఇందుకు ఒక ఉదాహరణ తీసుకుందాం:

1950 జనవరి 1 నాడు ఉదయం 10 గంటలకు ఒక గ్రామంలో ఎల్లయ్యకు ఒక కుమారుడు కలిగాడు. అదే క్షణంలో పదిమైళ్లదూరానగల మరొక గ్రామంలో పుల్లయ్యకు ఒక కుమార్తె కలిగింది. ఈ రెండు సంఘటనలమధ్య కాలవ్యవధి ఏమీ లేదు. కాని 10 మైళ్ల దూరం వున్నది. 1955 జనవరి 1 నాడు ఉదయం 10 గంటలకు తిరిగి ఎల్లయ్యకు ఒక కుమార్తె కలిగింది. ఎల్లయ్య

కుమారుడు పుట్టిన చోటే కుమార్తెకూడా పుట్టిందనుకుందాం. అప్పుడు ఎల్లయ్య కొడుకు పుట్టటానికీ, కూతురు పుట్టటానికీ మధ్య కాలవ్యవధిమాత్రమే ఉన్నది. అది అయిదు సంవత్సరాలు. దూరవ్యవధి ఏమీ లేదు—కనీసం ఉన్నట్టు కనబడదు; (ఈమాట ఎందుకనవలసి వచ్చిందంటే, దూర వ్యవధికూడా ఉన్నదిగాని, ఆ సంగతి ఎల్లయ్యకు తెలీదు)...పోతే పుల్లయ్య కూతురి పుటకకూ, ఎల్లయ్య కూతురి పుటకకూ మధ్య పదిమైళ్ల దూరవ్యవధీ, అయిదేళ్ల కాలవ్యవధీ ఉన్నది. ఈ విషయంలో కాలాన్నీ, దూరాన్నీ విడివిడిగా చెప్పకుండా ఒకే గణితసూత్రంలో చెప్పే పద్ధతిని ఐన్‌స్టయిన్ ఉత్పత్తి చేశాడు.

ఎందుకిలా చెయ్యాలి? కాలమూ, దూరమూ దేనిమానాన అది ఉండలేదా? ఉండలేదు! ఒక పరిశీలకుడి దృష్టిలో కాల వ్యవధిలాగా కనబడేది మరొకడికి దూరవ్యవధిగా కనిపిస్తుంది. దీనికి రైలు ప్రయాణీకుడి ఉదాహరణ ఒకటి ఉన్నది. ఒక రైలు ప్రయాణీకుడు రైలు పోతుండగా ఒక స్టేషను వచ్చేసమయాన పడుకుని రెండు గంటల తరువాత మరొక స్టేషను వచ్చేసరికి లేచాడనుకుందాం. ప్రయాణీకుడి లెక్క ప్రకారం తాను పడుకోనటానికి, లేవటానికి మధ్య రెండుగంటల కాల వ్యవధి మాత్రమే ఉన్నది. స్థలవ్యవధి ఏమీ లేదు – ఎక్కడ పడుకున్నాడో అక్కడే లేచాడు. కాని అతను పడుకునే సమయానికి పెట్టెలో ఎక్కిన మరొక ప్రయాణీకుడికీ, అతను లేచే సమయానికి ఎక్కిన ప్రయాణీకుడికీ మధ్యగలదూరం ఏ 60 మైళ్లో కావచ్చు.

ఇందాక మనం అనుకున్న ఉదాహరణలో ఎల్లయ్య కొడుకు పుటకకూ, కూతురి పుటకకూ మధ్య కాలవ్యవధితప్ప దూర వ్యవధి లేదనుకున్నాం. భూమితోపాటు గుండ్రంగా తిరుగుతూ, సూర్యుడిచుట్టూ ప్రదక్షిణంచేస్తూ, సూర్య కుటుంబంతోబాటు

ఆకాశంలో ప్రయాణం చేసేవాళ్ల దృక్పథంనుంచి ఇది నిజం కావచ్చు. కాని విశ్వంలో మరొక మూలనుంచి చూసేవాడికి ఈ రెండు సంఘటనలమధ్యా బోలెడంత స్థలవ్యవధి కనిపిస్తుంది. భూమి స్థానరంగా లేక వేగంగా కదులుతున్నది గనక, భూమిమీద వారి కాలమానం ప్రకారం 5 సంవత్సరాలయేది. భూమితో బాటు కదలనివారికి ఇంకా ఎక్కువ కాలంలాగా కనిపిస్తుంది (కదలికయొక్క వేగంతోపాటు కాలమానం తగ్గుతుందని మనం అదివరకే తెలుసుకున్నాం).

1945 లో జపానులో పేల్చిన అణువుబాంబుల కాంతిని 9 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలోఉండే మరొక గ్రహవాసులు చూశా రనుకుందాం. వారి కా సంఘటన కిందటేడే తెలిసి ఉంటుంది. మనకు 8,70,000 కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఆండ్రోమిడా నెబ్యులా ఉన్నది. అందులో పరిశీలకు లెవరైనా ఉండి చూడగలిగితే వారికీ భూమిమీద నరప్రాణి అవుపించక పోవచ్చు! ఆండ్రోమిడాకూ, మనకూ గల దూరం కాలవ్యవధిగా మారటానికి ఇంతకంటె మంచి ఉదాహరణ అవసరంలేదు. ఆండ్రోమిడాలో మనుషులుండబోయూరా, వారు భూమికేసి చూడబోయూరా అన్నది ఒక వాదన కాదు. ఎందుచేతనంటే మనం టెలిస్కోపులద్వారా ఆ నెబ్యులాను చూడగలుతున్నాం. కాని గడచిన 8,70,000 ఏళ్లకాలంలో అది ఎలా మారిందీ మనం తెలుసుకోవాలంటే మనకు 8,70,000 ఏళ్లు పడుతుంది.

ఆండ్రోమిడాను చూసిన టెలిస్కోపుతోనే ఇతర నక్షత్రాలనుకూడా చూస్తున్నాం. ఈ నక్షత్రాలలో కొన్ని ఉన్నట్టుండి అనేకరెట్లు ప్రకాశవంత మవుతాయి. ఒకే రాత్రి ఒక గంట వ్యత్యాసంలో రెండు నక్షత్రాల ప్రకాశం విజృంభించిందనుకుందాం. ఈ రెంటి విజృంభణకూ మధ్యగల కాల

వ్యవధి పరిశీలకులమైన మన దృష్టిలో ఒక గంటే కావచ్చు. కాని ఆ రెండు సంఘటనలకూ వాస్తవంగా అనేక ఏళ్లు తేడా ఉండవచ్చు.

ఐన్‌స్టయిన్ ప్రతిపాదించిన సాపేక్ష సిద్ధాంతం అతి విస్తృతమైనది. అది అనేక కొత్త పరిశీలనలకూ, పరిశోధనలకూ దారి తీయటమే గాక, అనేక యితర సిద్ధాంతాలను పరస్పరం సమన్వయించటానికికూడా రాచబాటగా ఉపయోగపడింది. వైజ్ఞానిక శక కర్తలలో న్యూటన్ తరవాత, ఈ యుగానికి ఐన్‌స్టయిన్ అనటానికి సందేహంలేదు.



